

НАУКОВІ НОТАТКИ

**Міжвузівський збірник
(за галузями знань «Машинобудування та
металообробка», «Інженерна механіка»,
«Металургія та матеріалознавство»)**

**Випуск 45
(травень-червень)
2014**

Луцьк 2014

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Божидарнік В.В., ректор, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Заболотний О.В., декан ТФ, Луцький НТУ, к.т.н., доцент; Пустюльга С.І., декан МБФ, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Рудь В.Д., зав. кафедри, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Шваб'юк В.І., керівник відділу, Луцький НТУ, д.т.н., професор.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Рудь В.Д., зав. кафедри, професор, д.т.н., Луцький НТУ (відповідальний редактор); Пустюльга С.І., професор, д.т.н., Луцький НТУ (заступник відповідального редактора); Заболотний О.В., доц., к.т.н., Луцький НТУ (заступник відповідального редактора); Гулієва Н.М., асистент, Луцький НТУ (відповідальний секретар); Бобир М.І., директор інституту, професор, д.т.н., НТУ України "КПІ"; Божидарнік В.В., ректор, проф., д.т.н., Луцький НТУ; Гавриш А.П., професор, д.т.н., НТУ України "КПІ"; Гевко Б.М., зав. кафедри, професор, д.т.н., Тернопільський НТУ; Лотиш В.В., доц., к.т.н., Луцький НТУ; Майстренко А.Л., зав. відділом, член-кореспондент НАН України, д.т.н., Інститут надтвердих матеріалів; Максимович В.М., зав. кафедри, професор, д.ф.-м.н., Луцький НТУ; Пальчевський Б.О., зав. кафедри, професор д.т.н., Луцький НТУ; Петраков Ю.В., зав. кафедри, професор, д.т.н., НТУ України "КПІ"; Петровський В.Я., зав. відділом, проф., д.т.н., Інститут проблем матеріалознавства НАН України; Повстяной О.Ю., доц. к.т.н., Луцький НТУ; Струтинський В.Б., зав. кафедри, професор, д.т.н., НТУ України "КПІ"; Шваб'юк В.І., зав. відділом, професор, д.т.н., Луцький НТУ; Штерн М.Б., зав. відділом, член-кореспондент НАН України, с.н.с., д.т.н., Інститут проблем матеріалознавства НАН України; Ярошевич М.П., зав. кафедри, професор, д.т.н., Луцький НТУ.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 10 від 27.05.2014 р.

Свідоцтво Міністерства юстиції України про державну реєстрацію:

Серія КВ №15901-4373ПР від 13.11.2009 р.

ISSN: 978-617-672-039-3

ШАНОВНІ ДОПИСУВАЧІ, КОЛЕГИ!

Постановою президії ВАК України від 10.02.2010р №1-05/1 затверджено Міжвузівський збірник наукових праць «НАУКОВІ НОТАТКИ», що видається Луцьким національним технічним університетом як наукове фахове видання України.

Тематична спрямованість збірника – висвітлення досягнень співробітників вищої школи та наукових установ України в розробках теоретичного та експериментального спрямування за галузями знань «Машинобудування та металообробка» і «Інженерне матеріалознавство».

Із зазначених галузей знань друкуються статті закордонних авторів англійською або російською мовою.

Довідки за тел. (0332) 26-25-19 e-mail: notatki@meta.ua

Наша адреса:

43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56

Луцький національний технічний університет,
редакція міжвузівського збірника “Наукові нотатки”

З повагою,

*Голова редакційної ради,
ректор Луцький НТУ, професор*

В. В. Божидарнік

*Відповідальний редактор,
професор Луцький НТУ*

В.Д.Рудь

Ціна договірна

Колектив авторів

Наукові нотатки

Міжвузівський збірник

**(за галузями знань «Машинобудування та металообробка»,
«Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»)**

Комп'ютерний набір та верстка: Л.В.Давидюк

Редактор: в авторській редакції

Наклад **300 прим.** Зам. № 215

Адреса редакції: 43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56.

Редакційно-видавничий відділ

Луцького національного технічного університету

43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75.

Свідоцтво Держкомтелерадіо України ДК № 4123

від 28.07.2011 р.

ЗМІСТ

Зміст	4
Андрійчук О.В., Ясюк І.М. Виготовлення придорожніх лотків водовідводу із сталевібробетону	7
Афанасьєва І.А. Щодо зміни функціонального стану водія під час отримання інформації з додаткових джерел.....	15
Бабич Т.О., Стельмащук В.В. Покращення показників маневреності властивостей автопоїзда компоновальної схеми "B-DOUBLE" шляхом застосування керуючого впливу на осі першого напівпричепа.....	21
Бандура І.О. Модель оптимального керування несиметрією напруги в електричних мережах.....	27
Беличенко Е.А., Толмачев С.Н. Исследование физико-химических свойств дисперсных материалов.....	31
Белятинський А.О., Краюшкіна К.В., Скрипченко О.В. Проблеми відомих математичних моделей взаємодії колеса з поверхнею дорожнього покриття.....	36
Біліченко В.В. Проблеми та перспективи розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниця.....	42
Бодак В.І. Впровадження системи GPS моніторинга при здійсненні пасажирських перевезень у м. Луцьк	48
Божидарнік В.В., Садівський В.М. Про визначення граничних навантажень, що викликають локальне руйнування поблизу вершин гострокінцевих вирізів в анізотропних пластинах.....	51
Бондаренко А.І., Холодов М.П., Пелипенко Є.С., Кучков В.В. Експериментальне дослідження процесу гальмування колісних тракторів з механічною трансмісією.....	56
Вербовський В.С., Грицук І.В., Адров Д.С. Математична модель розрахунку показників роботи двигуна внутрішнього згорання з системою передпускового прогріву при здійсненні передпускового і післяпускового прискореного прогріву.....	64
Веснін А.В., Монастирський Ю.А. Обґрунтування передаточних чисел редуктора властивостей колеса кар'єрного самоскида у відповідності до складності трас руху.....	72
Вікович І.А., Дівєєв Б.М., Коваль Т.Б., Мартин В.Є. Застосування різного типу маятникових динамічних гасників коливань	79
Вітрух П.І., Вітрух І.П., Спічак В.С. Обґрунтування вантажності та місткості кузовів транспортно – технологічних машин	85
Вольченко Д.А., Вольченко Н.А., Скрыпник В.С. Нанотрибологія при фрикційному взаємодії в барабанно-колодочних тормозах транспортних средств.....	94
Воробьев Ю.А., Нечипорук Н.В., Воробьев А.Ю., Трифонов О.В., Скалыга Н.Н. Моделирование газодинамики пневмоимпульсного ручного инструмента в системе ANSYS CFX И LS-DYNA	100
Гавриш В.С. Аналіз методів оцінки транспортної вібрації в межах зон впливу автомобільних доріг....	108
Галавська Л.Є. Розробка двошарового трикотажу технічного призначення.....	112
Гамеляк І.П., Петрович В.В., Скрипник В.Ю. Вплив термовологоперенесення на водно-тепловий режим дорожньої конструкції.....	119
Гандзюк М.О. Розробка та впровадження інтелектуальних систем оплати проїзду та обліку пасажирів міського пасажирського транспорту.....	131
Гречихин Л.И., Куць Н.Г. Открытые энергосистемы на транспорте.....	140
Григорова Т.М. Вдосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні громадським транспортом з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів.....	147
Гудз Г.С., Глобчак М.В., Коцюмбас О.Й., Клипка О.Р. Вимрювальний комплекс для системного дослідження теплового стану середовища "Гільза-охолодник" ДВЗ.....	153
Дембіцький В.М., Сітовський О.П., Булік Ю.В., Демидюк М.А. Математична модель процесу електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортного засобу, обладнаного електроприводом.....	159
Дячук М.В. Розробка імітаційної моделі гальмівного крану EBS електронно-пневматичної гальмівної системи вантажних автомобілів.....	167
Єресов В.І., Григор'єва О.В. Аналіз перехідних процесів в транспортному потоці.....	176
Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Воловик О.О. Дослідження властивостей щебенево-мастикових асфальтобетонів з модифікуючою добавкою.....	183
Жданюк В.К., Шурупова А.А. Порівняльні дослідження впливу поверхнево-активних речовин на показник зчеплення бітумів з мінеральною поверхнею.....	188
Жук М.М., Афонін М.О. Вплив часу перебування за кермом та умов руху на функціональний стан водія	193
Журавлев Д.Ю., Курьяк Я.В., Стадник А.Б. Энергонагруженность фрикционного взаимодействия пар трения барабанно-колодочных тормозов.....	198

Захарчук В.І., Захарчук Ю.В. Оцінка показників двигуна при його роботі на альтернативних паливах..	204
Защепкіна Н.М., Терентьева Н.Р. Респіраторний захист людини за допомогою текстильних матеріалів.....	210
Защепкіна К.О. Перспективи застосування матеріалів з додаванням базальтових волокон та базальтового ровінгу.....	215
Зінько Р.В., Лозовий І.С., Бадейнов О.М. Морфологічне середовище для дослідження роботи зчїпних пристроїв розчленованих транспортних засобів.....	220
Іваник І.Г., Віхоть С.І., Іваник Я.І. Напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій при зміні положення пружної осі.....	229
Іванов І.Є. Визначення нелінійної моделі транспортної рухливості.....	236
Картава О.Ф., Картавий А.Г., Хрутьба В.О. Впровадження методів екологічної логістики в регіональних програмах поводження з відходами.....	240
Кашканов А.А., Грисюк О.Г., Яровенко А.О. Модульний принцип синтезу системи автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.....	245
Кашуба А.М. Дослідження руху автомобіля з гібридною силовою установкою.....	251
Кваша В.Г., Шиндер В.К., Волоцюга В.В., Шиндер Ю.В. Скінченно-елементний аналіз несучої здатності просторової залізобетонної плитно-ребристої мостової системи.....	257
Кищун В.А. Автомобілізація України: Крок вперед	265
Клец Д.М., Сальников Р.Ю. Экспериментальные исследования показателей маневренности многоосных колесных машин.....	271
Клименко О.Д., Селезньов Е.Л., Шовкомуд О.В. Експериментальні дослідження впливу конструктивних параметрів зміцнювача з деформівними елементами на силу деформування при вібраційно-відцентровому зміцненні зубчастих коліс.....	277
Коваль П.М., Ковальчик Я.І. Дослідження тріщиностійкості попередньо напружених залізобетонних балок при дії малоциклових навантажень.....	282
Козут В.М., Горбай О.З. Пасивна безпека автобусних пасажирських сидінь.....	288
Корольков Р.О. Забезпечення експлуатаційної надійності насипів автомобільних доріг, армованих геоситетичними матеріалами.....	295
Кравченко О.П., Осипов В.О. До питання удосконалення методу оцінки рівня безпеки руху на окремих ділянках автодороги.....	301
Кривошапов С.И. Нормирование расхода топлива на транспорте.....	308
Кристончук М.Є. Дослідження факторів впливу на розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі.....	317
Куц Ю.В., Повстяной О.Ю. Сучасні методи дослідження мікроструктур за допомогою комп'ютерного матеріалознавства з використанням прикладних програм.....	323
Лиходій О.С. Імітаційне моделювання системи «Керована вісь напівпричепи - гідропривод».....	330
Лотиш Я.В., Стельмащук В.В., Лотиш В.В., Лелик Я.Р. Моделювання транспортних потоків з врахуванням габаритів надвеликих автобусів.....	336
Матейчик В.П., Смешек М., Хрутьба В.О. Управління проектами екологічної логістики транспортних підприємств.....	339
Мельник В.М. Про джерела отримання альтернативного палива для двигунів внутрішнього згорання.....	346
Микитюк О.О., Шимчук С.П. Методи формування мікрорельєфу поверхонь з покращеними трибологічними властивостями.....	355
Мінаков О.С., Кіяшко І.В. Експериментальне дослідження, щодо розподілу температури асфальтобетонної суміші за глибиною в кузові транспортного засобу під час транспортування.....	359
Мурований І.С., Рибай О.В., Рудинець М.В. Вплив технічного обслуговування та поточного ремонту на ефективність роботи автотранспортних підприємств.....	365
Наглюк М.И., Волков В.П., Наглюк И.С. Уточнение сроков смены антифризов при эксплуатации.....	371
Ножненко Е.С. Повышение топливной экономичности и экологичности транспортных средств путем озонирования топлива.....	376
Огневий В.О. Розвиток автотранспортних підприємств через трансформацію як стратегічний інструмент підвищення ефективності.....	381
Оліскевич М.С. Оптимізація структури автомобілепотоків для обслуговування заданого пункту відправлення вантажів.....	386
Онищенко А.М., Кузьмінець М.П., Прикладовський В.С., Різніченко О.С., Аксьонов С.Ю. Обґрунтування конструкції дорожнього одягу з асфальтобетону литого Гусасфальт підвищеної тріщиностійкості та колістійкості для металеві прогнаної будови південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві.....	396

Онищук В.П. Передові технології і засоби у перевезенні небезпечних вантажів.....	407
Павленко Н.В. Особливості розрахунку нежорстких дорожніх одягів за критеріями міцності.....	412
Пашинський В.А., Плотніков О.А., Карюк А.М. Методика оцінювання теплової надійності стін за критерієм тепловитрат.....	417
Петренко Д.І., Дячук М.В. Розробка імітаційної моделі системи екстреного гальмування легкового автомобіля.....	424
Поліщук В.П., Дмитрієвська К.В. До питання удосконалення методів оцінки рівня безпеки дорожнього руху.....	431
Поляков А.П., Галуцак О.О. Математична модель системи «двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив».....	438
Придюк В.М. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання автотранспортних засобів при перевезенні небезпечних вантажів.....	444
Процишин О.С. Дослідження миттєвих швидкостей руху у транспортному потоці.....	448
Процюк В.О. Аналіз методів та засобів визначення вологості ґрунтів земляного полотна автомобільних доріг.....	453
Прунько І.Б. Аналіз впливу технологічних параметрів електроіскрового легування на експлуатаційні властивості швидкозношуваних деталей нафтогазового технологічного транспорту.....	458
Раціборинський В.В., Раціборинська-Полякова Н.В., Мацко Л.А. Індивідуально-психологічні характеристики водія як фактор безпеки дорожнього руху.....	465
Ройко Ю.Я., Грицунь О.М. Підвищення ефективності функціонування ділянок вулично-дорожньої мережі в умовах координованого регулювання.....	472
Романюк С.О. Модель оцінювання результату проекту регіонального партнерства в розвитку системи технічної підготовки парків автотранспортних засобів в позиціях організації автомобільного транспорту-учасників проекту.....	477
Савчук П.П., Мисковець С.В. Функціональні та експлуатаційні властивості деталей триботехнічного призначення зі сталі 45.....	482
Самчук В.П. Моделювання ділянок поверхонь автодорожнього полотна на основі заданих геометричних вимог.....	486
Сараєв О.В., Данець С.В. Використання прикладних комп'ютерних програм при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди.....	492
Сахно В.П., Поляков В.М., Кузнєцов Р.М., Гуменюк П.О. Маневреність автопоїзда з керуванням напівпричепом.....	500
Сидоров Д.Ю. Дослідження інтенсивності руху на ділянках вулично-дорожньої мережі та прогнозування її зміни.....	508
Сидорчук О.В., Мурований І.С., Гріцаєв Я.В., Сидорчук Л.Л. Системні засади управління конфігурацією машинно-тракторних агрегатів у проектах сільськогосподарського виробництва.....	514
Сидорчук О.В., Жуть С.Г., Сидорчук Л.Л., Демидюк М.А., Сіваковська О.М. Концептуальна модель управлінсько-інформаційної системи рільництва.....	517
Смолянчук Р.В., Кіяшко Д.І., Савенко В.Я. Нормування показників поздовжньої рівності дорожніх покриттів.....	521
Солодкий С.Й., Волліс О.Є., Сідун Ю.В. Можливості використання фосфорних кислот в технологіях ЛЕМС.....	529
Старшицны Петр. Испытания автомобильных топливных баков из пластика.....	535
Таран И.А. Мониторинг альтернативных вариантов трансмиссий транспортных средств с применением системы интегральных стохастических критериев.....	540
Тимченко О.М. Моніторинг та прогноз руйнування схилів автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь.....	546
Тімков О.М., Іванов О.С., Яценко Д.М., Луцик А.П. До розрахунку дорожніх умов експлуатаційного маршруту руху автомобіля.....	553
Толмачов С.М. Міцність дорожніх бетонів з використанням свіжепідробленого щебеню різного генезису.....	559
Тригуба А.М., Луб П.М., Шарибура А.О., Грабовець В.В. Вплив територіального розташування пунктів заготівлі сільськогосподарської продукції на ефективність функціонування транспортної системи.....	564
Узненко Є.Б., Сорочук Н.І. Визначення оптимальної відстані між водовідвідними спорудами на автомобільних дорогах.....	568
Філіпова Г.А., Орісенко О.В., Криворот А.І., Голуб О.М., Капуста О.О. Способи поліпшення індикаторних та ефективних показників двигуна ЗМЗ-4063 при роботі на генераторному газі.....	573
Шимчук С.П. Технологія приготування холодних органо-мінеральних сумішей для цілорічного ямкового ремонту асфальтобетонних покриттів.....	578

УДК 624.012.25

О.В.Андрійчук, І.М.Ясюк
Луцький національний технічний університет
ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИДОРІЖНИХ ЛОТКІВ ВОДОВІДВОДУ ІЗ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ

У статті подано відомості про дослідження дисперсно армованих бетонних конструкцій, а також описана доцільність використання сталевібробетону для виготовлення придорожніх лотків систем водовідведення

Ключові слова: залізобетон, дисперсно армований бетон, сталевібробетон, сталева фібра, система водовідведення, труба, лоток.

Рис. 7. Форм 1. Літ 11.

А.В.Андрійчук, І.М.Ясюк

В статті представлені сведения об исследовании дисперсно армированных бетонных конструкций, а также описана целесообразность использования сталефибробетона для изготовления придорожных лотков систем водоотведения.

Ключевые слова: железобетон, дисперсно армированный бетон, сталефибробетон, стальная фибра, система водоотвода, труба, лоток.

О.Andreychuk, I.Yasyuk
MAKING OF WAYSIDE TRAYS OF OVERFLOW-PIPE WITH STELL-FIBRE-CONCRETE

The article presents information on research dispersed reinforced concrete structures as well as on the feasibility of using stalefibrobetonu for making trays of wastewater.

Key words: Reinforced concrete, dispersible reinforced concrete, steel-fibre-concrete, steel fibre, system of overflow-pipe, tray, pipe.

Постановка проблеми. Сьогодні автомобільний транспорт вважається одним з лідерів за величиною екологічного забруднення природи, а за деякими показниками навіть перевершує промислові викиди від шкідливих виробництв [1]. У розвинених країнах постійно ведеться робота по створенню нових методів зниження негативного впливу відпрацьованих газів автотранспорту, шумового забруднення. До недавнього часу недостатньо уваги приділялося ще одному напрямку - забруднення прилеглої до автодороги території та ґрунтових вод зливовими стоками з поверхні дороги [2]. Для боротьби з забрудненням було створено різні методи очистки води і систем водовідведення.

Для збору та спрямування поверхневих стоків на очисні споруди можуть використовуватися такі конструкції: кювети, придорожні лотки, закриті колектори в знижених ділянках автодоріг. Схеми відведення поверхневих стічних вод: схема, за якої злизові і талі стоки стікають по проїжджій частині автодоріг, а потім відводяться через при крайові водозбірні лотки, потім через відкриті укисні лотки. Поверхневі стічні води автомобільних доріг виводяться в укріплену водовідвідну канаву, звідки потрапляють на очисні споруди або скидаються на рельєф місцевості.

Придорожні лотки, являючись важливими елементами дорожньої інфраструктури, служать для збереження дорожнього покриття і дорожнього полотна від впливу води. Тож постає питання збільшення міцності, довговічності придорожніх лотків.

Мета дослідження. В статті за мету ставиться дослідити доцільність використання сталевібробетону для виготовлення придорожніх лотків водовідводу. Виявити переваги та недоліки при застосуванні дисперсно-армованого бетону в конструкції лотків систем водовідведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, та їх результати. Останні дослідження сталевібробетонних конструкцій проводились в різних галузях будівництва таких як: дорожнє будівництво; гідроспоруди: причали, дамби, греблі; просторові споруди; злітно-посадкові смуги аеродромів; будівництво мостів та інше.

Під час спорудження водогонів, дамб, мостів, тунелів, гідроелектростанцій і інших інженерних споруд основним конструкційним будівельним матеріалом є бетон. Для даного виду конструкцій бетон характеризується підвищеною водонепроникністю, морозостійкістю та тріщиностійкістю, і іншими параметрами.

Одним із різновидів важких бетонів є дисперсно-рмований бетон – бетон армований дисперсними волокнами (фібрами). Такий бетон являє собою звичайну суміш із цементу, піску,

крупного заповнювача та води, доповнену певною кількістю сталевих чи інших волокон. Комбінування жорстких – і через це володіючих значними резервами міцності – волокон з матрицею (бетоном) дозволяє локалізувати небезпеку, пов'язану з крихким руйнуванням матриці та реалізувати таким чином основні властивості фібр: велику потенційну міцність на розтяг та підвищений модуль пружності. За потреби до сталевібробетону додаються пластифікуючі добавки – для полегшення легкоукладальності бетонної суміші.

Ефективність застосування сталевібробетону в будівельних конструкціях може досягатися за рахунок зниження трудовитрат на арматурні роботи, суміщення технологічних операцій на приготування, армування, укладання та ущільнення сталевібробетонної суміші, продовження терміну експлуатації конструкцій і зниження витрат на різні види поточного ремонту [3, 4, 5, 6].

Сталевібробетон у світовій практиці займає значну долю в загальному об'ємі використовуваного бетону, для чого налагоджено промислове виробництво сталевих фібр в межах 350-400 тис тон в рік.

Введення сталевих волокон в бетон в кількості від 20 до 160 кг на 1 м³ підвищує: міцність на розтяг при згині в 2-3 рази; на стиск до 10-50 %; на осевий розтяг до 10-40 %; ударна міцність в 4-10 разів; опір стиранням до 2 разів; підвищується тріщиностійкість в 2-3 рази [7]. Не менш ніж на один клас підвищується морозостійкість і водонепроникність (F і W). Все це робить сталевібробетон затребуваним для застосування в наступних областях будівництва:

- монолітні конструкції та споруди: промислові підлоги, автомобільні дороги, вибухо- і сейсмостійкі споруди;
- іригаційні канали, водостримуючих дамби, ємності для води та інших рідин, оздоблення тунелів;
- споруди військового призначення;
- збірні елементи і конструкції: залізничні шпали, балки, сходи, стінові панелі, трубопроводи, покрівельні панелі;
- жорсткі плити аеродромних, дорожніх і тротуарних покриттів.
- палі, шпунт.

Досвід розвинених країн, таких як США, Великобританія, Німеччина, Франція і Австралія показав техніко-економічну ефективність застосування сталевібробетону в різного роду будівельних конструкціях. Найбільш цікавими прикладами застосування сталевібробетону в цій сфері є: кріплення гідротехнічного тунелю діаметром 2340 мм в Карсігтоні (Великобританія), тунель Хеггура під дном Північного моря (Норвегія), колекторні тунелі метрополітену в Гамбурзі (Німеччина) і Ліоні (Франція), автодорожній тунель протяжністю 6630 м на глибині до 1 км Єнасан-2 в Японії. Достатньо широко сталевібробетон також використовується для виконання ремонтних робіт із оброблення тунелів, мостів, дамб, тонкостінних несучих конструкцій.

Варто відмітити, що велику кількість наукових праць і в Україні, Росії та Білорусії присвячено дослідженням конструкцій із дисперсно армованого бетону. В Республіці Білорусія сталевібробетон на даний момент має обмежене застосування - зведення монолітних підлог та дорожніх покриттів, а також окремих збірних виробів. Але наукові дослідження конструкцій, виготовлених на основі сталевібробетону які проводять спеціалісти РУП "Института БелНИИС", стають все більше актуальними. На рис. 1 подано загальний вигляд виготовлених експериментальні тюбінги марки 55Р.Н.СФ та дослідження експериментальної конструкції тюбінгу 55Р.Н.СФ, що проведені в Білорусії.



Рис. 1. *а)* виготовлені експериментальні тюбінги марки 55Р.Н.СФ;
б) дослідження експериментальної конструкції тюбінгу 55Р.Н.СФ.

На рис. 2, *а)* подано загальний вигляд технологічного транспорту РУП БМЗ з навантаженням на вісь до 150 кН і монолітних плит технологічної дороги в м. Жлобин (Республіка Білорусія), а на рис. 2, *б)* підготовка до випробування СФБ кільця марки КС10-9. Результати цих досліджень приведені в [5].



Рис. 2. *а)* загальний вигляд технологічного транспорту РУП БМЗ з навантаженням на вісь до 150 кН і монолітних плит технологічної дороги в м. Жлобин;
б) підготовка до випробування СФБ кільця марки КС10-9.

Варто відмітити, що і в Україні були проведені дослідження безнапірних дисперсно армованих труб кільцевого перерізу на дію одноразових і повторних навантажень різних рівнів (рис. 3). Повторні малоциклові навантаження задавалися різних експлуатаційних рівнів – 0,5, 0,7 і 0,85 від руйнівних. Під час дослідження елементів кільцевого перерізу (зменшеної стендової моделі безнапірної труби) зі сталевібробетону встановлено, що СФБ елементи з коефіцієнтом армування $\mu = 1,5 \%$ мають таку ж міцність, як і елементи із звичайного залізобетону за типовим армуванням та майже в два рази більшу тріщиностійкість. [8, 9].



Рис. 3. Загальний вигляд випробування елементів кільцевого перерізу:
1 – верхня опорна плита пресу ПСУ-125; 2 – зразковий динамометр; 3 – домкрат;
4 – металева траверса; 5 – дослідний зразок кільцевого перерізу;
6 – гумовий килим; 7 – нижня опорна плита пресу ПСУ-125.

Відведення поверхневої води від насипів земляного полотна автомобільних доріг здійснюється за допомогою поздовжніх каналів укріплених в залежності від конкретних інженерно-геологічних і кліматичних умов – бетонними плитами, збірними залізобетонними лотками, а також монолітним бетоном.

В будівельній практиці використовуються, як правило, розроблені раніше типові рішення залізобетонних лотків для зведення каналів різного функціонального призначення. Типові збірні лотки виконуються із бетону класу на міцність при стиску – В15. На рис. 4 приведено загальний вигляд притрасового водовідвідного лотка з поперечним січенням напівтруба із «робочою» довжиною $l = 1000$ мм.

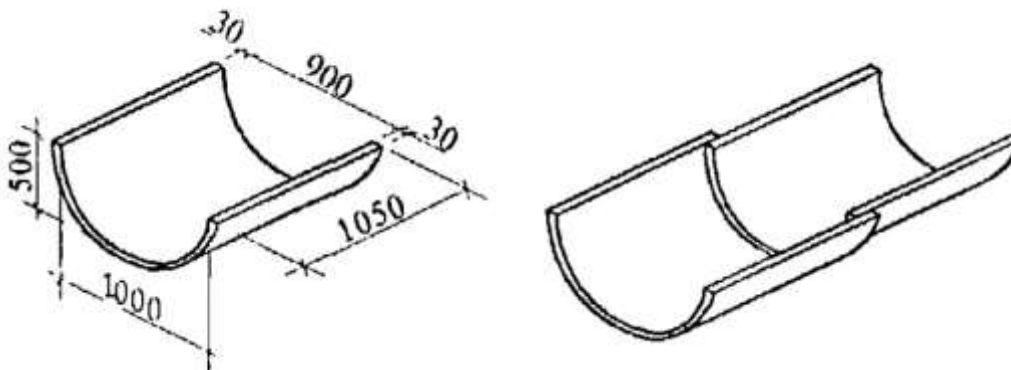


Рис. 4. Загальний вигляд притрасового водовідвідного лотка-напівтруби.

Лотки це інженерні конструкції, що використовуються в дорожньому будівництві (як елементи притрасового водовідведення), а також в гідротехнічному будівництві. Вони відносяться до конструктивних елементів які сприймають навантаження від транспорту і з зовнішнього середовища. Недоліками водовідвідних лотків із залізобетону є їх невисока тріщиностійкість,

ударна міцність, морозостійкість та інші характеристики, які в свою чергу залежать від міцності матеріалу на розтяг. Тому використання залізобетонних лотків, враховуючи умови його роботи в конструкціях, ставить завдання пошуку способів підвищення цих параметрів.

Застосування сталевібробетону для укріплення притрасових водовідвідних систем дозволяє вирішити ряд задач. А саме – знизити матеріалоємність конструкції і як наслідок їх вагу; знизити затрати праці на під час виготовлення конструкцій; продовжити безремонтний і загальний термін експлуатації конструкцій і зниження витрат на різні види поточного ремонту. Варто відмітити, що застосування сталевібробетонних лотків для водопостачання та водовідведення взамін типових залізобетонних дозволяє повністю відмовитися від використання арматури.

На сьогодні даних про досліджень в Україні водовідвідних лотків із дисперсним армуванням в літературі не виявлено (можна вважати, що такі дослідження не проводилося). Якщо брати до уваги позитивний ефект отриманий під час дослідження тонкостінних інженерних конструкцій (труби, тюрінги) із дисперсно армованого бетону як в Україні, так і за кордоном, то актуальною задачею є проведення дослідження лотків систем водовідведення із сталевібробетону.

Конструкція експериментальних зразків. На даний момент в Україні відсутня в достатній кількості розроблена нормативна документація для проектування та виготовлення тонкостінних інженерних конструкцій із дисперсно армованого бетону.

В Україні розроблено "Настанову з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій" [10], яка розповсюджується на проектування сталевібробетонних конструкцій будівель і споруд різного призначення, котрі виконуються з важкого та дрібнозернистого бетону, армованого сталевими волокнами. Стандарт встановлює вимоги до проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій без попередньо напруженої арматури, котрі експлуатуються при статичному навантаженні у середовищі з неагресивним ступенем впливу і в кліматичних умовах України.

Але нормами не передбачено розроблення каталогу номенклатури композиційних матеріалів, не передбачається виготовлення конструкцій і виробів з використанням інших видів волокон (базальтових, скляних, синтетичних) для будівель і споруд промислового, цивільного та житлового призначення.

Під час виготовлення дослідних лотків для матриці сталевібробетону за основу необхідно прийняти бетон класу В15 – збірні з/б лотки виготовляються саме з такого класу бетону.

Для дисперсного армування дослідних лотків із СФБ можна використати фібри діаметром 0,8 мм та довжиною 50 мм виробництва Українсько-Канадського СП ТОВ «Донбас Ліберті» з м. Харцизьк Донецької області (табл. 1 і рис. 5).

Таблиця 1

Геометричні розміри сталевих анкерних фібр



Діаметр фібри, d	Довжина фібри, $L \pm 2,0$	Ширина розширеного кінця, $h \pm 0,2$	Кут нахилу $a, \pm 5^\circ$
мм	мм	мм	град
0,8	50	2,5	45
a – забезпечується технологічним інструментом			



Рис. 5. Загальний вигляд сталевих анкерних фібр

Фібри з анкерними кінцями, що підвищують зчеплення фібр із матрицею бетоном – покращують їх механічну роботу в бетоні, та відповідно збільшують тріщиностійкість сталевібробетонних конструкцій. Під час досліджень, результати яких описані в [8, 9] застосовувався саме такий вид фібр – завдяки їх введенню в бетонну матрицю був отриманий приріс міцності сталевібробетону при центральному розтягу ($R_{b,t}$) порядку на 30 % в порівнянні з міцністю матриці бетону.

На даний конструктивних рішень лотків систем водовідведення з різними поперечними січеннями розроблена значна кількість. В якості прототипу (макету) під час розроблення лотка зі сталевібробетону найбільш доцільно взяти за основу залізобетонний лоток-напівтрубу. Основними передумовами в користь такого рішення є: відсутність кутів –концентраторів напруження, найбільше "робоче" січення при найменшій площі поверхні, достатньо проста технологія виготовлення зразків (рис. 4).

Методика випробувань. На рис. 6 подано схема до статичного розрахунку напівкруглих лотків і епюри від дії згинальних моментів і поперечних сил.

Для отримання достовірних результатів під час проведення дослідження необхідно мати в наявності по три зразки-близнюки лотків для кожного режиму досліджень.

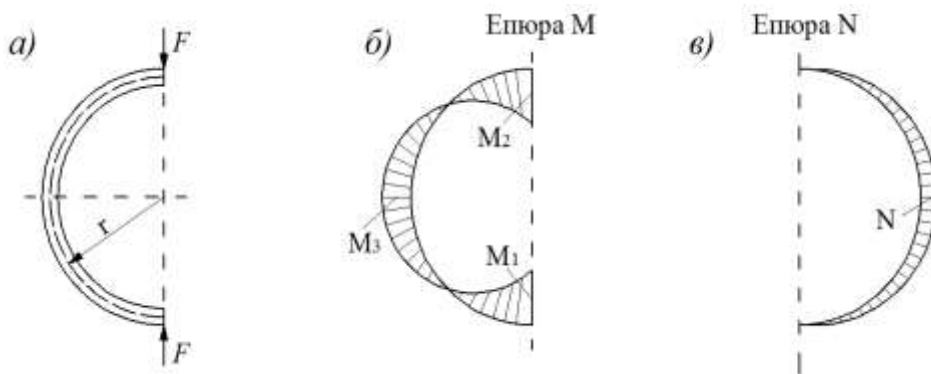


Рис. 6. Схеми до статичного розрахунку напівкруглих лотків:
а) схема навантажень під час проведення дослідження лотків;
б) епюра згинальних моментів; в) епюра поздовжніх сил N.

На сьогодні дослідження лотків систем водовідведення з дисперсно армованого бетону від дії одноразових навантажень проведені в Росії – в ГОУ ВПО "Алтайский государственный

технічний університет ім. І.І. Ползунова". Схема стендових випробувань, що була використана під час проведення досліджень лотків подана на рис. 7.

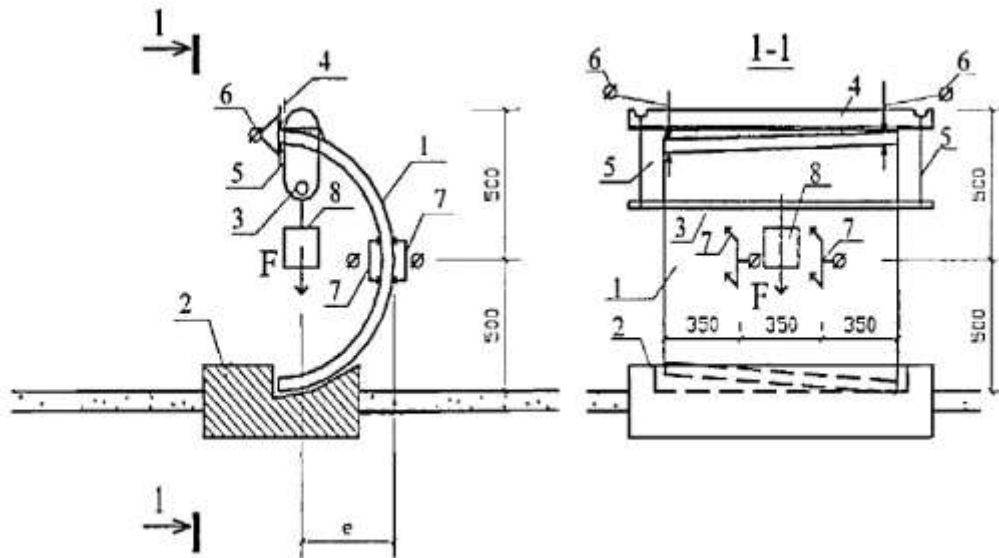


Рис. 7. Схема дослідження сталевібробетонного лотка:

- 1 – сталевібробетонний елемент лотка; 2 – жорстка основа; 3 – нижня траверса;
4 – верхня траверса; 5 – тяги; 6 – прогиномір Максимова;
7 – тензометри Гугенбергера; 8 – вантажі.

Лотки досліджуються на спеціальному стенді в положенні "на боці" з вертикальною передачею навантаження. Така схема забезпечує виникнення максимального згинального моменту в січненні 1-1, що відповідає роботі лотків водовідведення в натурних умовах (рис. 7). Навантаження прикладається до зовнішньої грані елемента лотка у вигляді рівномірно розподіленої смуги за допомогою систем траверс і тяг.

При такому завантаженні в січненні 1-1 виникає згинальний момент:

$$M = F \cdot e \quad (1)$$

де F – нормальна згинальна сила, а e – її ексцентриситет.

Детально з результатами проведення досліджень лотків із дисперсно армованого бетону в ГОУ ВПО "Алтайский государственный технический университет ім. І.І. Ползунова" та отриманими висновками можна ознайомитися в [11].

Під час проведення дослідження лотків навантаження повинно прикладатися ступенями через 8 – 12 % від руйнівного зусилля, що визначено теоретичним методом при проведенні розрахунку. Після кожного ступеня навантаження має робитися витримка на протязі 5 – 7 хв, під час якої знімаються покази індикаторів, показники тензометричного комплексу та вимірюється ширина розкриття тріщин.

Висновки. 1. Сталевібробетон як ефективний матеріал доцільно використовувати для виготовлення лотків систем водовідведення.

2. Застосування сталевібробетонних лотків для водопостачання та водовідведення взамін типових залізобетонних дозволяє повністю відмовитися від використання арматури, знизити матеріалоемність конструкції і як наслідок їх вагу, знизити затрати праці на під час виготовлення конструкцій і значно підвищити довговічність конструкції.

3. З огляду на вищенаведе – стендові дослідження особливостей роботи лотків є актуальною задачею.

1. Екологія автомобільного транспорту / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Копач, Л.П. Мержиєвська: Навч. посібник. – К.: Основа, 2002. – 312 с.
2. Говорун А.Г. Транспорт і навколишнє середовище / А.Г. Говорун, М.М. Скоріченко, М.М. Худолій. – К.: Урожай, 1992. – 144 с.
3. Дорошенко О. Дисперсно – армований бетон – надійний та ефективний матеріал для транспортного будівництва / О. Дорошенко, Ю. Дорошенко, Н. Чиженко, К. Гудименко // Транспортное строительство Украины. – 2007. – №1 (5). – С. 16 – 19.
4. Юрко І.А. Високоміцний дисперсно-армований бетон / І.А. Юрко // Бетон и железобетон в Украине: Журнал – Полтава, 2013. – Выпуск 3. – С. 7 – 8.
5. Блещик Н.П. Физико-механические и технологические свойства сталефибробетона, особенности применения и перспективы развития сталефибробетонных конструкций / Н.П. Блещик, И.В. Коваль // Проблемы современного бетона и железобетона: Материалы III Международного симпозиума – Минск: Минсктиппроект, 2011. – Том 2. – С. 80 – 113.
6. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович // Монография. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 642 с.
7. Сунак О.П. Сталефібробетонні конструкції / О.П. Сунак // Навч. посібн. – Луцьк: Media, 1999. – 158 с.
8. Бабич Є.М. Проектування та виготовлення безнапірних труб із сталефібробетону / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Рекомендації. – Луцьк: Луцький НТУ, 2012. – 32 с.
9. Андрійчук О.В. Сталефібробетонні безнапірні труби / О.В. Андрійчук, Є.М. Бабич // Монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. – 150 с.
10. ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування та виготовлення сталефібробетонних конструкцій. – К., Мінрегіонбуд України, 2009. – 46 с.
11. Талантова К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона: Дис... докт. техн. наук: 05.23.01 – Барнаул., 2009. – 476 с.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014.

УДК 653.13

І.А.Афанасьєва

**Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
ЩОДО ЗМІНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ ПІД ЧАС ОТРИМАННЯ
ІНФОРМАЦІЇ З ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ**

Здійснено комплексне дослідження впливу інформаційних потоків на результати діяльності водія в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище». Проаналізовано наявні праці у сфері впливу інформаційних потоків на характеристики діяльності водія. Одержано залежності впливу інформації, отриманої з додаткових джерел, на час відволікання водія від виконання основної діяльності.

Ключові слова: інформаційний потік, функціональний стан, водій, час відволікання

Рис.6. Форм 2. Літ 10.

И.А.Афанасьева

**ОТНОСИТЕЛЬНО ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ
ПРИ ПОЛУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ОТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Осуществлено комплексное исследование влияния информационных потоков на результаты деятельности водителя в системе «водитель - автомобиль - дорога - среда». Проанализированы имеющиеся работы в сфере влияния информационных потоков на характеристики деятельности водителя. Определены зависимости влияния информации, полученной из дополнительных источников, на время отвлечения водителя от выполнения основной деятельности.

Ключевые слова: информационный поток, функциональное состояние, водитель, время отвлечения.

I.Afanasiyeva

**CHANGES REGARDING THE FUNCTIONAL STATE DRIVER OF INFORMATION FROM
ADDITIONAL SOURCES**

Carried out a comprehensive study of the impact of information flows on the performance of the driver in the "driver - vehicle - road - environment." Analyzed the available work in the sphere of influence of information flow on the characteristics of driver activity. The dependence of the influence of information obtained from other sources, on-time performance of driver distraction from core business activities.

Keywords: information flow, functional state, a driver, distraction.

Постановка проблеми

Сучасна людина в епоху інформаційного прориву стикається з проблемою вибору й оброблення інформації, що надходить до неї. Діяльність людини в системах «водій – автомобіль – дорога – середовище» – не виняток. Роль і значення інформації в усіх сферах діяльності людини значно зросли.

Інтенсивність інформаційного потоку, який впливає на людину (водія), постійно збільшується через стрімкий розвиток сучасних засобів електронної телекомунікації, підвищення кількості придорожньої реклами, активне використання стільникових пристроїв передавання інформації. Збільшення потоку інформації як поза автомобілем (надлишкова небажана інформація, кількість придорожньої реклами), так і в салоні автомобіля (використання стільникового зв'язку, радіо), впливає на психоемоційний стан водія і знижує його реакцію, що підвищує ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Не випадково більшість ДТП стається з вини водія, а не автомобіля або дороги. В основі причин ДТП лежить особистісний фактор – психіка людини. Із огляду на це дослідження впливу інформаційних потоків на водія є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Складність сприйняття всього обсягу інформації, що надходить до водія, полягає у браку часу на її оброблення й ухвалення правильного рішення, унаслідок чого зростає ймовірність виникнення ДТП. У дослідженнях, проведених холдингом «РОМИР Мониторинг» на замовлення Асоціації комунікаційних агентств Росії «Зовнішня реклама й інформаційні знаки для громадських місць», з'ясовано вплив зовнішньої реклами на водіїв, складено рейтинг факторів, що спричиняють ДТП, а також рейтинг факторів створення реальних аварійних ситуацій на підставі опитування 1255 респондентів. Унаслідок проведеного дослідження в рейтингу чинників, що, на думку опитаних водіїв, теоретично та реально призводить до виникнення аварійних ситуацій, динамічна і традиційна зовнішня реклама складає 7 %, стільниковий телефон і пішоходи, які перебувають неподалік дороги - 12 %, специфічна поведінка іншого транспортного засобу (58 %),

©І.А.Афанасьєва

неадекватна поведінка пішохода, який перетинає проїжджу частину (57 %) і природні феномени (42 %) [6]. Варто, однак, зазначити, що дані, отримані за допомогою опитування відбивають суб'єктивну думку респондентів. Із огляду на це їх потрібно зіставляти з об'єктивнішою інформацією, отриманою під час експериментального вивчення або в комплексі з іншими методами.

Розглядом подібної проблеми займалися вчені Інституту транспорту Вірджинії. У їхніх дослідженнях використовувалися натурні методи обстеження. Унаслідок дослідження було виявлено що присутність рекламних щитів не викликає змін у характеристиках керування щодо візуальної поведінки водіїв, збереження чи швидкості утримання смуги руху [10]. У цій роботі не брався до уваги психофізіологічний стан водія у процесі проведення експерименту. Необхідно також зважати на те, що час затримки погляду на визначеному об'єкті характеризує лише час приймання отриманої інформації, але жодним чином не відбиває часу, витраченого на її оброблення, а також на ухвалення відповідного рішення внаслідок її оброблення [1].

Цікавими видаються також дослідження впливу використання стільникового телефону під час руху на водія. Наприклад, компанія «Билайн» разом з НПО «Нейроком» у 2007 році провели дослідження на тему «Вплив стільникового телефону на водіння автомобілем». У результаті експерименту, у якому взяли участь 10 водіїв, з'ясували, що під час телефонної розмови увага водія знижується і відновлюється через 1–2 с після завершення розмови, гарнітура BLUETOOTH HANDS FREE не знижує ризику переключення уваги водія з керування автомобілем на розмову стільниковим телефоном [3].

У 2009 році Хабаровська філія «ВымпелКом» разом із Тихоокеанським державним університетом провели дослідження на тему «Вплив стільникового телефону на керування автомобілем». Під час проведення експерименту психофізіологічний стан кермувальника визначався шляхом вимірювання частоти серцевих скорочень (ЧСС). Унаслідок проведеного експерименту з'ясувалося, що майже в усіх водіїв послаблюються контроль за дорожньою обстановкою в разі одночасного керування машиною та розмовою стільниковим телефоном у зв'язку зі зниженням функції зовнішньої уваги (зниження швидкості в середньому на 30%; концентрація уваги спрямована на смугу руху, водночас ігнорується периферійна інформація до повної зупинки й ін.) [4].

Загальна проблематика

На підставі проведеного аналізу науковці [1-4, 6, 9, 10] з'ясували вплив різних видів інформації на результати діяльності водія (рис. 1, 2), водночас у дослідженнях попередників вплив інформації, отриманої з додаткових джерел (рекламні щити на узбіччях доріг, стільникові телефони та ін.), на результати діяльності водія, вивчений недостатньо. Окрім того, до уваги не береться час відволікання водія від виконання основної діяльності при впливі додаткових джерел.

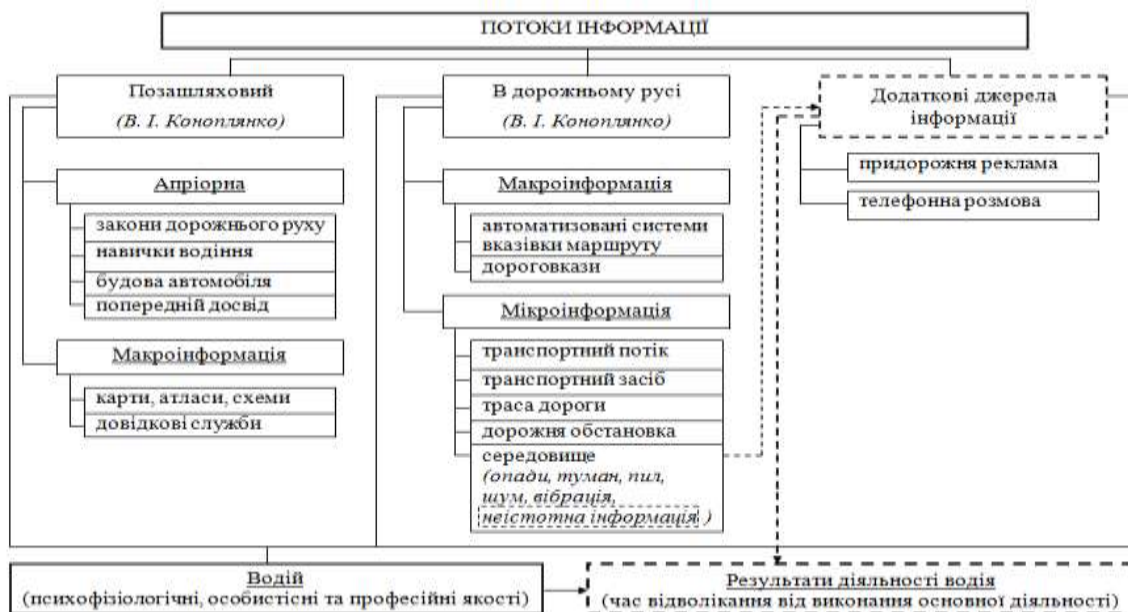


Рис. 1. Класифікація засобів та потоків інформації для учасників дорожнього руху [7]

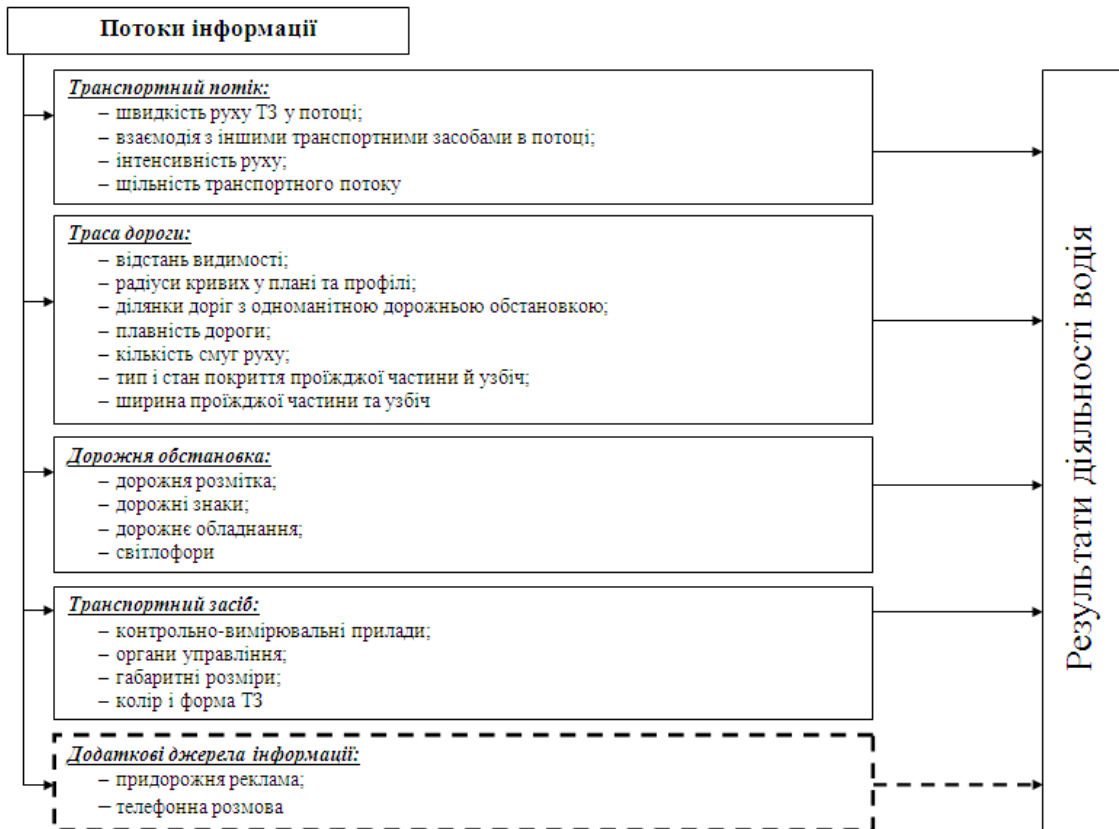


Рис. 2. Джерела інформації, яка впливає на результати діяльності водія

Мета дослідження

Метою дослідження є виявлення залежності зміни функціонального стану водія під час отримання інформації з додаткових джерел.

Основні результати дослідження

Дослідження впливу інформаційних потоків на результати діяльності водія в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище» в лабораторних умовах провадили за алгоритмом, наведеним рис. 3.

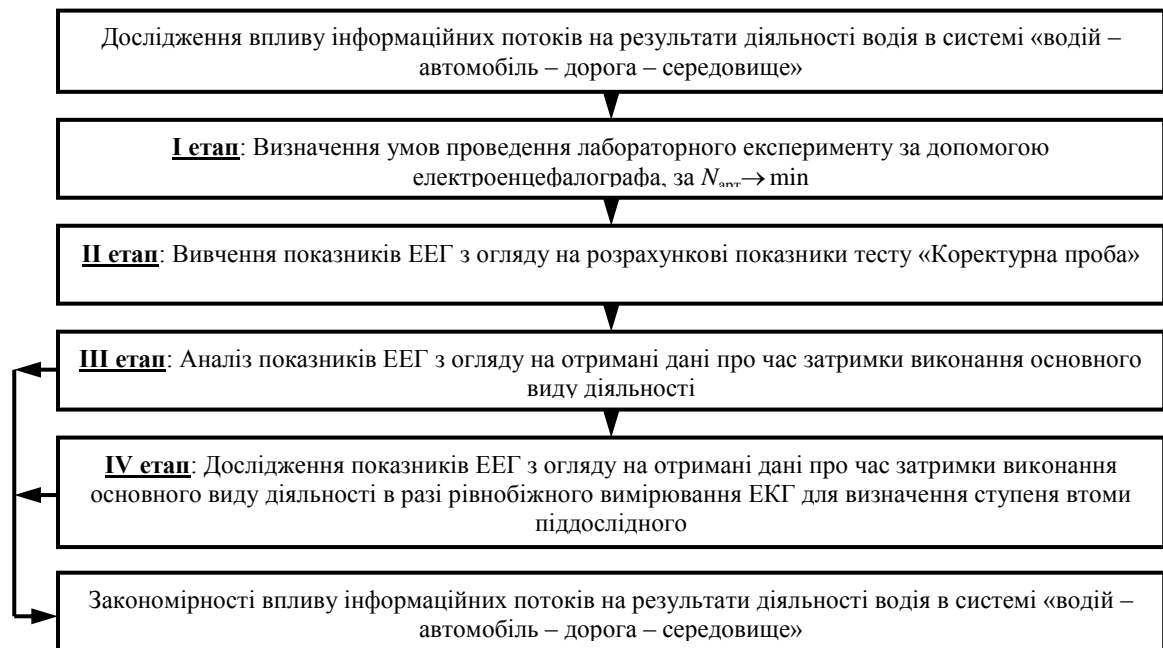


Рис. 3. Етапи проведення дослідження

©І.А.Афанасьєва

В результаті проведення дослідження були отримані моделі: модель впливу інформаційних потоків на час відволікання водія від основної діяльності зважаючи на показники ЕЕГ (1); модель впливу інформаційних потоків беручи до уваги показники ЕЕГ і ЕКГ на час відволікання від виконання водіями їхньої основної діяльності (2).

$$\Delta\tau_{M1} = 2,733 + 0,0423 \cdot \delta + 0,0295 \cdot \theta - 0,039 \cdot \beta - 0,018 \cdot \gamma, \quad (1)$$

де $\Delta\tau_{M1}$ – час відволікання від виконання водіями їхньої основної діяльності, відображуваний показниками ЕЕГ.

δ – питома вага дельта-ритму, що відбиває гальмівні процеси в корі головного мозку;

θ – питома вага тета-ритму, що характеризує гальмівні процеси в корі головного мозку;

β – питома вага бета-ритму, що відбиває збуджувальні процеси в корі головного мозку;

γ – питома вага гамма-ритму, що відбиває збуджувальні процеси в корі головного мозку.

$$\Delta\tau_{M2} = (5,302 + 0,0899 \cdot \delta + 0,052 \cdot \theta - 0,0721 \cdot \beta - 0,055 \cdot \gamma) \left(\frac{P_r}{P_n} \right)^{P_r \left(1 - \frac{P_r}{P_n} \right)}, \quad (2)$$

де $\Delta\tau_{M2}$ – час відволікання від виконання водіями їхньої основної діяльності, відображуваний показниками ЕЕГ і ЕКГ;

P_r – значення показника активності регуляторних систем у розрахунковий період;

P_n – значення показника активності регуляторних систем фонові проби.

Статистична оцінка отриманих моделей свідчить про їхню адекватність і можливість упровадження на практиці.

Із метою проведення експериментальних досліджень у натурних умовах використовували апаратно-програмний комплекс для поглибленого вивчення електричної активності мозку «Нейроком» і апаратно-програмний комплекс «Кардіосенс», призначений для тривалої реєстрації ЕКГ-сигналу.

У дослідженнях брали участь 10 водіїв віком від 24 до 45 років зі стажем кермування від 6 до 12 років, незважаючи на тип темпераменту та стать.

У лабораторних умовах на випробовуваному фіксували електроди холтера «Кардіосенс» [5], кріплення електродів електроенцефалографа «Нейроком» [8] чіпляли в автомобілі, який було припарковано в дозволеному місці на початку ділянки обраного маршруту.

Під час проведення дослідження впливу інформаційних потоків на результати діяльності водія розглядали обов'язкові й додаткові джерела інформації. У межах дослідження під час руху головне джерело одержання інформації водієм уважали дорожню обстановку: дорога, знаки, транспортні засоби, дошка приладів, пішоходи. Впливом інформації на водія з додаткових джерел вважали телефонну розмову, придорожню рекламу (табл. 1).

Таблиця 1

Джерела впливу інформації на водія

Додаткові джерела інформації	Основні джерела інформації
<ul style="list-style-type: none"> – телефонна розмова; – придорожня реклама 	<ul style="list-style-type: none"> – дорога; – знаки; – транспортні засоби; – дошка приладів; – пішоходи

Експерименти проводили в натурних умовах на різних ділянках дороги в межах м. Харкова, а також на дорогах при в'їзді до Харків в місцях із великою щільністю придорожньої реклами (білбордів). Досліджували вплив додаткових джерел інформації (білбордів, телефонних розмов за допомогою системи BLUETOOTH HANDS FREE, музики й радіопередач у салоні автомобіля) на водія з визначенням часу затримки одержання інформації з основного джерела (дорожня обстановка).

Випробовуваних водіїв перед виїздом на маршрут було зорієнтовано на дослідження й на експериментальний автомобіль. Випробовувані водії в межах цього дослідження управляли автомобілем, обладнаним двома камерами: для знімання переднього огляду та знімання обличчя випробовуваного.

Із метою аналізу було отримано дані 45 дослідів, у яких взяли участь 10 випробовуваних водіїв на 10 ділянках із загальним часом збирання даних, що дорівнює приблизно 15 год. Велику кількість даних було втрачено через перешкоди в записі ЕЕГ- і ЕЕК-сигналів унаслідок появи м'язових артефактів, а також артефактів, викликаних сильною вібрацією автомобіля під час проїзду неякісним дорожнім покриттям. Загалом було проаналізовано 90 відеозаписів і визначено 121 випадок виявлення впливу додаткових джерел на водія.

Користуючись моделлю впливу інформаційних потоків на час відволікання від виконання водіями їхньої основної діяльності (2), було побудовано залежність, наведену на рис. 4.

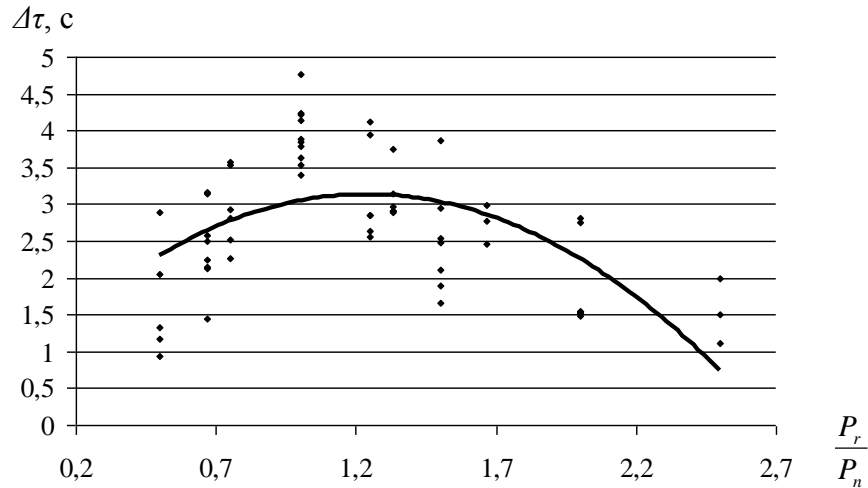


Рис. 4. Залежність зміни часу відволікання водія від виконання основної діяльності залежно від його функціонального стану під час телефонної розмови

Отримана залежність свідчить про те, що після початку виконання основної діяльності водієм і збільшення втомленості час затримки, або час відволікання на додаткові джерела інформації, у цьому разі телефонна розмова, зменшується. Це є наслідком того, що водій зосереджений на переробленні основної інформації від дороги та середовища.

Користуючись моделлю впливу інформаційних потоків на час відволікання від виконання водіями їхньої основної діяльності (2), було побудовано залежність, наведену на рис. 5.

Отримана залежність (рис. 5) свідчить про те, що після початку виконання основної діяльності водієм і збільшення втомленості час затримки, або час відволікання на додаткові джерела інформації, у цьому випадку позашляхова реклама, зменшується. Це є наслідком того, що водій зосереджений на переробленні основної інформації від дороги та середовища.

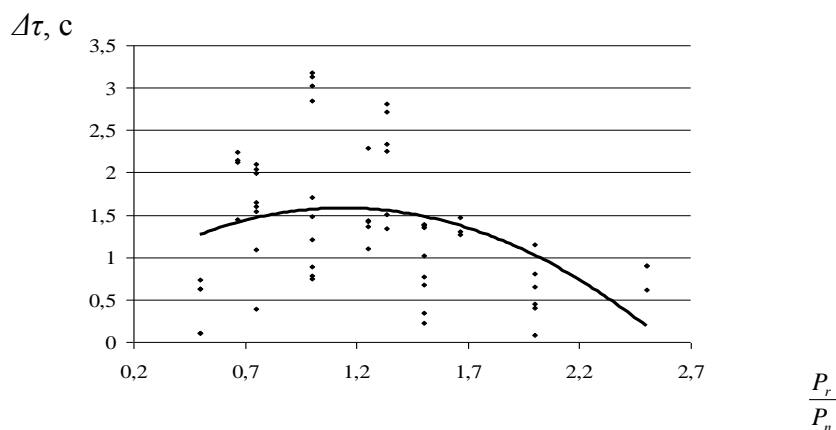


Рис. 5. Залежність зміни часу відволікання водія від виконання основної діяльності з огляду на його функціональний стан під час отримання інформації з придорожньої реклами

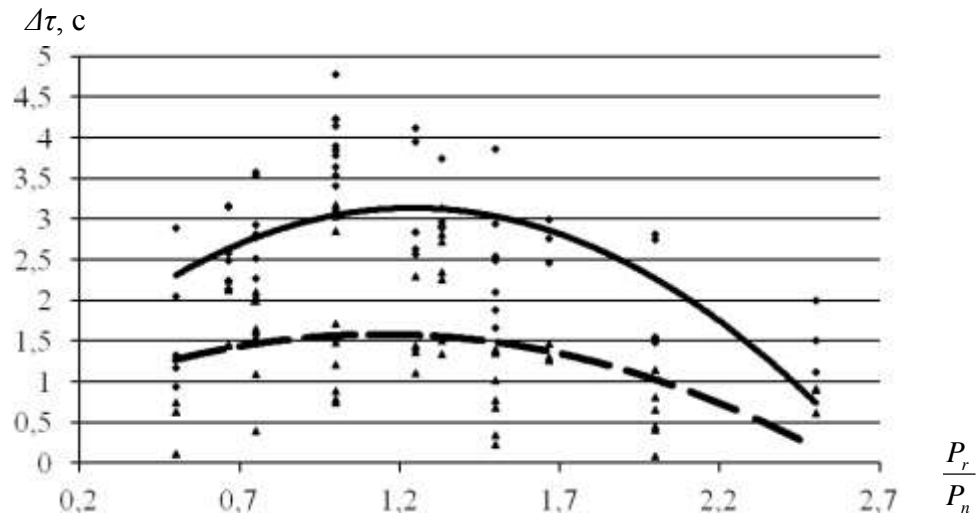


Рис. 6. Залежності зміни часу відволікання водія від виконання основної діяльності залежно від його функціонального стану під час надходження інформації, отриманої з телефонної розмови та придорожньої реклами:

- вплив телефонної розмови;
- вплив придорожньої реклами.

Як видно з рис. 6, додаткова інформація, отримана з телефонної розмови під час виконання водієм основної діяльності відволікає його вдвічі більше, ніж інформація, яку водій одержує від перегляду придорожньої реклами.

Висновки

Інформаційні потоки від розмови водія телефоном за допомогою системи BLUETOOTH HANDS FREE під час управління транспортним засобом відволікає його від виконання основної діяльності значною мірою. Так, час відволікання водія від виконання основної діяльності може сягати від 0,94 с до 4,77 с.

Інформаційні потоки, що виникають від розташування в полі зору водія помітної реклами під час управління транспортним засобом, відволікають його від виконання основної діяльності та мають вагоме значення. Так, час відволікання водія від виконання основної діяльності може сягати від 0,23 с до 2,81 с.

1. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учеб. для вузов / В.Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Бегма И. В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог / И. В. Бегма, Э. В. Гаврилов, Я. А. Калужский. – М. : Транспорт, 1976. – 88 с.
3. «Билайн» исследовал влияние мобильного телефона на вождение автомобиля [Электронный ресурс] . – 2007. – Режим доступа : <http://www.procontent.ru/news/5153.html>.
4. «Билайн» призывает не отвлекаться за рулем <http://www.procontent.ru/news/14844.html> [Электронный ресурс] . – 2009. – Режим доступа : <http://www.procontent.ru/news/14844.html>.
5. Жарінов О.Й. Холтеровське та фрагментарне моніторування ЕКГ: навч. посіб. / О. Й. Жарінов, В. О. Куць, М. С.Сороківський, У. П.Черняга-Ройко. – К. : НАПО МОЗ України, 2010. – 128 с.
6. Исследование влияния наружной рекламы на водителей [Электронный ресурс] . – 2006. – Режим доступа : www.akarussia.ru/files/docs/issledovanie_vliyaniya_naruzhnoy_reklamy_na_voditeley.ppt.
7. Коноплянко В. И. Информация в дорожном движении / В. И. Коноплянко. – М.: МАДИ, 1987. – 65 с.
8. Компьютерная система электроэнцефалографии НейроКом : инструкция по эксплуатации. – Х. : НФУ «ХАИ», 2008. – 171 с.
9. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.
10. Сюзан Е. Ли Влияние наличия или отсутствия рекламных щитов на характеристики вождения [Электронный ресурс] / Е. Ли Сюзан, Е.-С. В. Олсен, С. М. ДеХарт. // Центр причин аварий и человеческого фактора. – Виржиния : Институт транспорта. – 2004. – Режим доступа : <http://choanri.ru/articles/articles/outer/24/>

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014

УДК 629.113

Т.О.Бабич, В.В.Стельмашук
Луцький національний технічний університет
ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАНЕВРНОСТІ ТРИЛАНКОВОГО АВТОПОЇЗДА
КОМПУНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ "B-DOUBLE" ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ КЕРУЮЧОГО
ВПЛИВУ НА ОСІ ПЕРШОГО НАПІВПРИЧЕПА

Визначено параметри та тип керуючого впливу на осі напівпричепи три ланкового автопоїзда типу "B-Double" для забезпечення заданих показників маневреності. Визначено що при застосуванні прямого приводу управління на осі першого напівпричепи можливо забезпечити необхідні величини габаритної смуги руху автопоїзда. Також визначено максимальні значення передатних чисел приводу управління за яких відсутнє явище забігання напівпричепи за визначений коридор габаритної смуги руху.

Ключові слова: маневреність, передатне відношення приводу, габаритна смуга руху, триланковий автопоїзд, "B-Double".

Рис. 3. Табл. 1. Форм. 10. Літ 8.

Определены параметры и тип управляющего воздействия на оси полуприцепа трехзвеньевого автопоезда типа "B-Double" для обеспечения заданных показателей маневренности. Определено, что при применении прямого привода управления на оси первого полуприцепа возможно обеспечить необходимые величины габаритной полосы движения автопоезда. Также определены максимальные значения передаточных чисел привода управления при которых отсутствует явление забегания полуприцепа за определенный коридор габаритной полосы движения.

Application control action on the axis of the first three sectional semi-train layout scheme "B-double" allows for normalized values of indicators maneuverability. To ensure satisfactory enough flexibility applying direct control action on the axle of the semitrailer. Applying the same axis installed in the second semi-trailer design can reduce the overall size of the lane and slightly improve performance maneuverability. Modern technology of trailers in the application of hydraulic cylinders to control the wheel-driven semi-axes, and block them for improving the stability of rectilinear motion. In this paper defined the maximum value of drive control gear on the axle that is: for first axis and 0.71, 1.14 for the second axis. This ensures minimum value overall lanes.

Вступ. У період відновлення економіки після світової кризи зростають об'єми міжнародних перевезень вантажів автомобільним транспортом. Це призводить до збільшення кількості вантажних транспортних засобів на дорогах Європи, України та Росії, що у свою чергу, погіршує безпеку дорожнього руху, стан навколишнього середовища, створює затори на автомагістралях. Крім того аналіз умов сучасного ринку транспортних перевезень показує, що надлишок вільного транспорту спричинює падіння ставки ціни 1ткм. Застосування триланкових автопоїздів підвищеної вантажності та об'єму на міжміських та міжнародних магістралях дозволяє одночасно підвищити рентабельність перевезень для перевізників, підвищити безпеку руху на автомагістралях та екологію.

Як відомо, ефективність використання рухомого складу автомобільного транспорту і його продуктивність залежать від його вантажопідйомності і середньої швидкості руху. Для автопоїздів важливим критерієм для продуктивності є їх здатність маневрувати, вписуватись в повороти що зустрічаються на його шляху. При практичному вирішенні цієї задачі визначаються форми та геометричні параметри поворотів та інших обмежень на шляху руху автопоїзда, а потім підбирається оптимальне компонування причіпного рухомого складу який задовольнятиме задані показники маневреності.

Аналіз літературних джерел. Основними кінематичними показниками маневреності автопоїзда вважаються два, а саме:

- габаритна смуга руху (ГСР), величина рівна різниці зовнішнього максимального габаритного радіуса повороту та мінімального внутрішнього радіуса руху причіпних ланок автопоїзда;

- Можливість рухатися заднім ходом.

Директивою 96/53/ЕС Європейського парламенту та Ради від 22 липня 1997 року про масу і габарити певних класів автомобілів та причепів до них зі змінами до Директиви 2002/7/ЕС щодо величини максимального зовнішнього і мінімального внутрішнього габаритних радіусів повороту визначено, що габаритна смуга руху при зовнішньому габаритному радіусі 12,5м становить 7,2м, тобто внутрішній радіус складає 5,3м.

Габаритна смуга криволінійного руху багатоланкового автопоїзда на відміну від смуги прямолінійного руху має складну форму, обмежену проекціями траєкторій на горизонтальну площину зовнішнього, стосовно центра повороту, крила автомобіля-тягача і заднього кінця

причепа чи напівпричепа. Габаритну смугу руху (ГСР) автопоїзда на повороті визначає головна траєкторія автомобіля-тягача і зміщення траєкторії прицепа чи напівпричепа від основної траєкторії до центра повороту. Якщо відома або задана траєкторія головної точки автомобіля-тягача, то можна тим або іншим методом знайти траєкторію головної точки будь-якої ланки, відповідно, положення прицепа або напівпричепа буде визначеним[1].

При визначенні ГСР автопоїзда вважається, що опорна поверхня, по якій відбувається криволінійний рух автопоїзда, строго горизонтальна і має покращене покриття, яке не створює значного опору руху. Елементарні кінематичні ланки, що входять до складу триланкового автопоїзда, розглядаються в подальшому як абсолютно жорсткі тіла, без врахування можливих внутрішніх деформацій пружних елементів, які входять до його складу, тому вертикальні переміщення центра мас ланок і нахил їх підресорених мас виключається. Рух ланок відбувається з невеликою швидкістю, а колеса автопоїзда є абсолютно жорсткими у бічному напрямку, тому бічне відведення коліс відсутнє.

Проведеними дослідженнями Закіна Я.Х., Фаробіна Я.Є., а також науковців кафедри "Автомобілі" НТУ встановлено, що габаритна смуга руху автопоїзда (ГСР) і габаритний коридор (частина простору, займана автопоїздом на повороті) досягають свого максимуму на сталій криволінійній, тобто на круговій траєкторії. Тому габаритна смуга руху в роботі буде визначатися при русі автопоїзда по круговій траєкторії.

У роботі [2] було визначено ГСР для різних компоувальних схем триланкових автопоїздів: причіпного, сидельно-причіпного, причіпно-причіпного, сидельно-напівпричіпного («В-Double») за Аналіз даних показує, що для всіх схем триланкових сидельно-причіпних автопоїздів при зміні певних компоувальних параметрів і незмінному значенні внутрішнього габаритного радіусу $R_{вг}=5,3$ м величина зовнішнього габаритного радіуса змінювалася в межах 14,293...12,852 і відповідно габаритна смуга руху $B_r=8,993...7,252$ м, тобто жодна із компоувальних не може забезпечити нормовані значення показників маневреності. Для причіпних автопоїздів з напівприцепом на підкатному візку габаритна смуга руху змінювалася в межах $B_r=8,059...7,171$ м, тобто такий автопоїзд за третьої керованої осі автомобіля-тягача і напівпричепа забезпечує нормовані значення габаритної смуги руху. Для причіпних автопоїздів з двома прицепами як з рознесеними осями і передньою керованою віссю, так і прицепами з наближеними осями за тих же умов будь-які комбінації не можуть забезпечити нормовані значення габаритних радіусів. Для автопоїздів типу «В-double» показники маневреності за обох некерованих напівприцепів гірші у порівнянні з усіма іншими і складають $R_{зг}=14,871$ м і $B_r=9,671$ м. Тобто жодна із компоувальних схем автопоїзда не може забезпечити нормовані показники маневреності без застосування керуючого впливу на осі причіпних ланок.

Основна частина. У даній роботі розглянуто можливість підвищення маневреності триланкового автопоїзда шляхом застосування керуючого впливу на осі першого напівпричепа.

Зупинимося на цій системі більш детально, оскільки вона дозволяє забезпечити нормовану величину габаритної смуги руху практично за будь-яких параметрів автопоїзда шляхом зміни кута повороту коліс першого напівпричепа в залежності від зміни першого кута складання.

Вихідними даними були зовнішній габаритний та внутрішній радіуси усталеного руху по колу, $R_{вг}=5,3$ м, $R_{зг}=12,5$ м.

Формули, які використовувались для розрахунку необхідних кутів поворотів керованих коліс причіпної ланки:

$$r_1 = \sqrt{\left(R_{\min} + \frac{B_n}{2}\right)^2 + L_{n2}^2} \quad (1)$$

$$r_3 = \sqrt{\Delta^2 + \left(\left(\sqrt{R_{\max}^2 - (l_{n3} + L_r)^2} - \frac{b}{2}\right)^2\right)} \quad (2)$$

$$\alpha_1 = \alpha_0'' - \alpha_0' \quad (3)$$

$$\alpha_1 = \arccos \frac{\Delta}{r_3} - \arccos \frac{(L_{n1} + h_1 + h)^2 + r_3^2 - r_1^2}{2(L_{n1} + h_1 + h)r_3}; \quad (4)$$

$$\theta_1 = \arcsin \frac{(r_3^2 + L_{n1}^2 - 2r_3 L_{n1} \cos \alpha_0')^2 + L_{n1}^2 - r_3^2}{2\sqrt{r_3^2 + L_{n1}^2 - 2r_3 L_{n1} \cos \alpha_0'} \cdot L_{n1}} \quad (5)$$

$$\theta_2 = \arcsin \frac{(r_3^2 + (L_{n1} + h_1)^2 - 2r_3(L_{n1} + h_1) \cos \alpha_0')^2 + (L_{n1} + h_1)^2 - r_3^2}{2\sqrt{r_3^2 + (L_{n1} + h_1)^2 - 2r_3(L_{n1} + h_1) \cos \alpha_0'} \cdot (L_{n1} + h_1)}; \quad (6)$$

$$\alpha_2 = 180 - \arccos \frac{L_{n2}}{r_1} - \arcsin \frac{\sin \alpha_0' \cdot r_3}{r_1}; \quad (7)$$

$$\alpha_0' = \arccos \frac{(L_{n1} + h_1 + h)^2 + r_3^2 - r_1^2}{2(L_{n1} + h_1 + h)r_3} \quad (8)$$

-де r_3 і r_1 - м., радіуси руху середин тягових пальців відповідно першого та другого напівпричепів; Δ - відстань від центра задньої осі до центра тягово-зчіпного пристрою; B_n - ширина напівпричепів; L_{n1}, L_{n2} - база першого та другого напівпричепів відповідно; b - ширина автомобіля-тягача; l_{nz} - передній звис автомобіля-тягача; L_T - база автомобіля-тягача; h_1 - міжосьова відстань; h - відстань від останньої осі до центра ОЗП; α_1, α_2 - відповідно перший та другий кути складання автопоїзда; θ_1, θ_2 - необхідний кут повороту керованих коліс напівпричепів відповідно першої та другої осі;

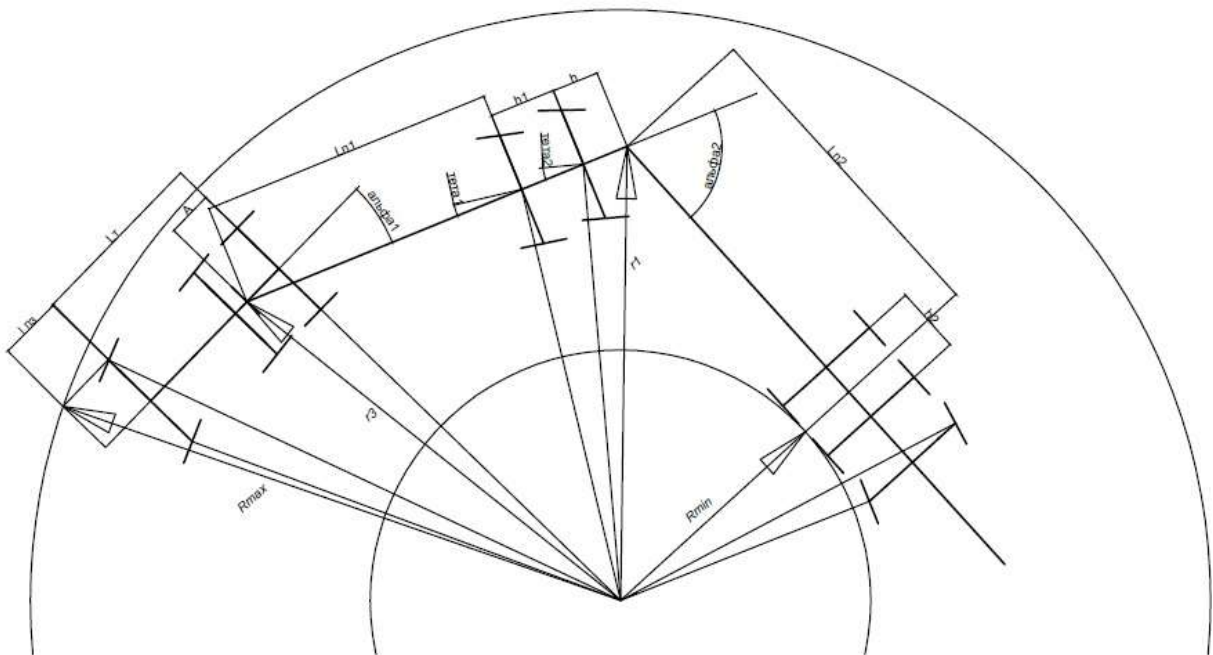


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення кутів повороту коліс напівпричепів триланкового автопоїзда "В-Double".

Розрахунки проводились для слідуючих параметрів автопоїзда: тривісний тягач (параметри DAF XF 95- передній звис 1370 мм, колісна база 3900 мм, відстань між задніми осями 1320 мм, розташування опорно-зчіпного пристрою регульоване, приймаємо (з врахування максимального використання навантажень на осі) 975 мм.), відстань від першої осі до центра осі тягового пальця першого напівпричепів - 6,29м., між осями - 1,41м., від другої осі до центра ОЗП для другого напівпричепів - 0,5м., база другого напівпричепів 7,7 м (остання вісь само встановлювана), ширина напівпричепів та автомобіля-тягача - 2,5м.

Проведеними розрахунками визначено необхідні кути повороту керованих коліс напівпричепів за кута повороту керованих коліс тягача $\theta_0 = 21,1^0$:

$$\theta_1 = 9,73^0 \quad \alpha_1 = 22,5^0$$

$$\theta_2 = 18,22^0 \quad \alpha_2 = 62,1^0$$

При використанні тривісного другого напівпричепа з некерованими осями:

$$\theta_1 = 13,15^0 \quad \alpha_1 = 18,5^0$$

$$\theta_2 = 21,21^0 \quad \alpha_2 = 62,3^0$$

На рисунку 2.13 – показано залежність необхідного кута повороту керованих коліс від виносу опорно-зчпного пристрою за другу вісь першого напівпричепа, та зміну кутів складання.

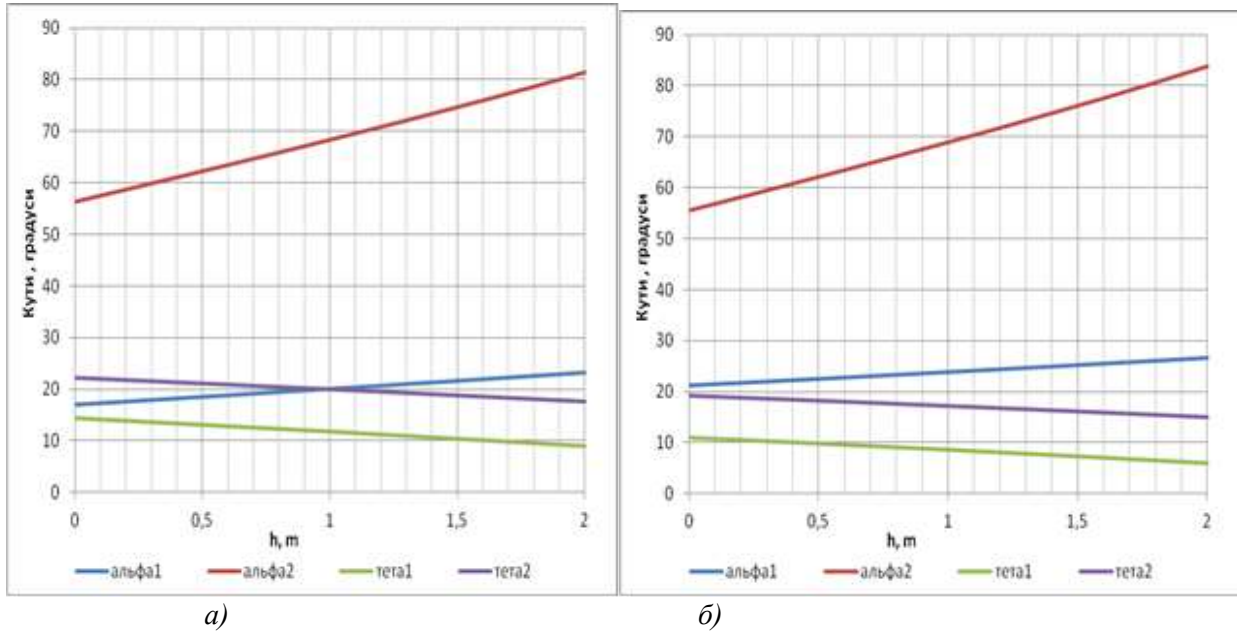


Рис. 2. Графік залежності кута повороту коліс першого напівпричепа та кутів складання автопоїзда від величини виносу ОЗП : а) для автопоїзда з некерований другим напівприцепом; б) – для автопоїзда з останньою самовстановлюваною віссю другого напівпричепа.

Аналізуючи дані видно , що найбільш значним та чутливим до зміни виносу є другий кут складання автопоїзда, тому перевагу слід надати малим величинам виносу до 0,5м. (оскільки до цієї величини $\alpha_2 \leq 63^0$) та комплектації другого напівпричепа останньою само встановлюваною віссю.

Кути складання ланок автопоїзда і повороту керованих осей, які визначають собою передаточні відношення подвійного приводу управління доцільно визначати за колового руху автопоїзда. У цьому випадку розрахункові формули для визначення кутів складання і кутів повороту керованих осей напівпричепів визначаються геометричними параметрами ланок і задаючим параметром – кутом повороту відповідної ланки.

Кути складання ланок автопоїзда і повороту керованих осей напівпричепів дозволяють визначити передаточні відношення приводу системи прямого управління.

$$U_1 = \frac{\theta_1}{\alpha_1}; \quad (9)$$

$$U_2 = \frac{\theta_2}{\alpha_1}; \quad (10)$$

Визначені передатні відношення проводу керованих коліс першого напівпричепа:

$$U_1 = 0,71$$

$$U_2 = 1,14, \text{ за некерованого II напівпричепа;}$$

$$U_1 = 0,43$$

$$U_2 = 0,81, \text{ з останньою само встановлюваною віссю II напівпричепа;}$$

Як видно з рисунка 1 при надто великих значеннях передатних чисел привода за межі зовнішнього габаритного радіуса може виходити передній зовнішній по відношенню до повороту габарит другого напівпричепа. Тому доцільно визначити максимальні значення U_1, U_2 для даного автопоїзда. Для можливості широкого використання даного три ланкового автопоїзда, проаналізовано величини передніх звисів причіпної техніки. Аналіз показав, що значення максимальної відстані від осі тягового пальця до передньої стінки коливаються в межах від 1600 мм (ізотермічні кузова) до 1720 мм (контейнери 45 HQ).

Величини максимальних значень передатних чисел прямого привода управління на колеса першого напівпричепа становлять:

$$U_1 = 0,72, \quad U_2 = 1,15,$$

При більших значеннях передатних чисел зовнішній габарит II напівпричепа буде рухатись по колу $R > 12,5$ м., що не задовільняє умовам маневреності.

Для подальшого визначення ГСР вибирається більша величина для забезпечення певного запасу маневреності автопоїзда: $U_1 = 0,71, \quad U_2 = 1,14$.

На рисунку 3 показано графік залежності зміни кутів складання автопоїзда з керованими колесами I напівпричепа та само встановлюваною віссю II напівпричепа від кута повороту керованих коліс тягача, за прийнятих передатних відношень прямого привода управління.



Рис. 3. Графік залежності кутів складання автопоїзда від кута повороту керованих коліс автомобіля-тягача.

З наведеної залежності, рис. 3, слідує, що зі збільшенням кута повороту керованих коліс тягача кути складання ланок і повороту керованої осі напівпричепа також збільшуються, причому більш інтенсивне збільшення має місце для другого кута складання. Пояснюється це тим, що база напівпричепа значно більша за базу автомобіля-тягача.

За визначеними кутами складання ланок автопоїзда і передаточними відношеннями привода управління, а відповідно і кутів повороту керованих осей напівпричепів визначалися зміщення траєкторій ланок автопоїзда при повороті на 90^0 і 180^0 за тих же вихідних даних, що і для некерованих напівпричепів. При цьому вважалось, що автомобіль-тягач рухається коловою траєкторією за зовнішнього габаритного радіусу повороту $R_{зр}=12,5$ м, а причіпні ланки – перехідними траєкторіями, причому на вході в поворот перший напівпричіп зміщується у зовнішню сторону по відношенню до центру повороту, а другий напівпричіп – у внутрішню

сторону. Такий характер зміщень пояснюється роботою системи прямого приводу управління на колеса І напівпричепа.

За результатами розрахунків траєкторій напівпричепів визначалася габаритна смуга руху автопоїздів за їх колового руху, табл. 1.

Таблиця 1

Габаритні радіуси повороту і габаритна смуга руху триланкового автопоїзда компоувальної схеми "B-double"

Тип автопоїзда	$R_{зг}$, м	$R_{вг}$, м	$V_{г}$, м
"B-Double" з керованими колесами І напівпричепа за прямого приводу управління на обидві осі, та некерованим ІІ напівпричепом	12,5	5,75	6,75
"B-Double" з керованими колесами І напівпричепа за прямого приводу управління на обидві осі, та самовстановлюваною останньою віссю ІІ напівпр.	12,5	6,45	6,05

Як слідує з табл. 1, триланковий автопоїзд типу "B-double" за прямого приводу управління всіма осями першого напівпричепа задовільняє вимоги Директиви ЄС з певним запасом.

Висновки. Застосування керуючого впливу на осі першого напівпричепа три ланкового автопоїзда компоувальної схеми "B-double" дозволяє забезпечити нормовані величини показників маневреності. Для забезпечення задовільних показників маневреності достатньо застосування прямого керуючого впливу на осі напівпричепа. Застосування само встановлюваної осі у конструкції другого напівпричепа дозволяє зменшити величину ГСР та дещо покращити показники маневреності. Сучасні технології виробництва причіпної техніки дозволяють застосовувати гідравлічні циліндри для керування колесами керованих осей напівпричепів, а також блокувати їх для покращенні стійкості прямолінійного руху. У даній роботі визначено максимальні величини передатного приводу управління на осі, що становить: для І осі 0,71, для ІІ осі 1,14. При цьому забезпечується мінімальна величина ГСР та рівноширокого повороту на кут 90^0 .

Подальший розвиток. Подальший розвиток полягатиме у визначенні динамічних показників маневреності даного автопоїзда, а також визначення максимальної критичної швидкості прямолінійного руху та дослідженні показників стійкості.

1. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда.-М.: Транспорт , 1986.-137с.
2. Глінчук В.М. «Вибір та обґрунтування типу та складу причіпних ланок триланкового автопоїзда за показниками маневреності»
3. Бабич Т.О. Стельмашук В.В., Томашевська Ю.А. Дослідження показників стійкості, маневреності та керованості напівпричепного багатоланкового автопоїзда // Збірник наукових праць «Наукові нотатки».-2010.
4. Бабич Т.О. Стельмашук В.В. Дослідження керованості, стійкості та маневреності автопоїздів компоувальної схеми "B-Double".-магістерська робота.-2010.
5. Сахно В.П., Бондаренко А.С., Глінчук В.М., Мурований І.С. До визначення показників маневреності триланкового причіпного автопоїзда //Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ. – 2006. – Випуск 9. – С.102-108.
6. Сахно В.П., Поляков В.М., Таранов А.М. К определению габаритной полосы движения неуправляемого автопоезда. "Автомоб. транспорт": Респ. міжвід. наук. техн. зб.- Вип.25. Київ. – 1988. - с.67-71.
7. Сахно В.П., Вороніна І.Ф., Стельмашук В.В. До визначення показників маневреності тьохланкових автопоїздів // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2003. №11 (57). –с.213-218
8. Высоцкий М.С. и др. Влияние самоустанавливающихся колес полуприцепа на ширину коридора и боковую нагруженность шин автопоезда. //Автомобильная промышленность. –1983. - №12. – С.13-14.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2014

УДК 621.316.13

І.О.Бандура

Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НЕСИМЕТРІЄЮ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Розроблено математичну модель керування, що забезпечує інтереси одного з суб'єктів господарювання (енергопостачальної компанії або споживача) в кінцевих результатах симетрування напруги.

Ключові слова: несиметрія напруги, енергопостачальна компанія, споживач, керування несиметрією, додаткові втрати активної потужності.

Рис1. Табл 2. Літ 4.

И.А.Бандура.

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕСИММЕТРИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.

В статье разработана математическая модель управления, которая обеспечивает интересы одного из субъектов хозяйствования (энергоснабжающей компании или потребителя) в конечных результатах симметрирования напряжения.

I.Bandura.

OPTIMAL CASE FRAME BY UNSYMMETRY OF TENSION IN ELECTRIC NETWORKS.

A mathematical case that provides interests of one of subjects of menage (energyprocurement company or consumer) in end-point of симетрування tension frame is worked out in the article.

Як свідчать експериментальні дослідження, електричні режими в розподільних мережах енергопостачальних компаній характеризуються суттєвим рівнем несиметрії, який в ряді випадків виходить за нормовані значення, з чим пов'язані додаткові втрати активної потужності та енергії. Зменшити несиметрію електричних режимів можна за симетрувальних пристроїв (СП).

Відомі наукові дослідження [1, 2] дають змогу виконувати симетрування як струмів, так і напруг електричної мережі, але розглядається при цьому локальна задача – вузол електричної мережі. Вплив технічних рішень із симетрування як на мережі живлення, так і на розподільні мережі (а саме на додаткові втрати активної потужності, зумовлені несиметрією режиму, ΔP_2) в таких випадках до уваги не береться.

В[3] доведено, що в результаті зміни струморозподілу при симетруванні напруги за допомогою СП, який під'єднаний в точці розподілу балансової належності мереж, має місце така зміна ΔP_2 , що інтереси енергопостачальної організації і споживача в кінцевих результатах симетрування напруги стають суперечливими. В умовах ринкових виробничих відносин керування СП природно має виконуватись в інтересах тієї юридичної особи, на балансі якої вони знаходяться. Якщо СП знаходиться на балансі енергопостачальної компанії і симетрування напруги супроводжується зниженням додаткових втрат ΔP_2 в активній складовій опорі лінії живлення, то доцільно наявними засобами забезпечити зниження напруги зворотної послідовності до якомога менших значень. В протилежному випадку симетрування потрібно здійснювати до рівня, якому відповідає нормоване ГОСТ 13109-97 значення коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності[4]. В першому випадку критерієм для прийняття рішень є додаткові втрати активної потужності ΔP_2 , а в другому випадку напруга зворотної послідовності у вузлі під'єднання СП- U_2 , за наявності технічного обмеження на її допустиме значення. Досконалі системи керування мають працювати з врахуванням цієї особливості.

Метою роботи є розробка математичної моделі, яка має забезпечити керування несиметрією напруги в інтересах тієї юридичної особи, на балансі якої знаходиться СП.

Проведені дослідження обмежуються лише компенсацією складових зворотної послідовності, що є окремою задачею при симетруванні електричного режиму в три провідній мережі та під задачею при симетруванні режиму в мережі чотири провідній.

Обґрунтування критерію ефективності

У разі, коли система керування має мікропроцесорну реалізацію, важливими стають такі вимоги:

- загальна кількість математичних моделей, що використовуються для керування, має бути якомога меншою;
- математичні моделі мають бути такими, щоб їх аналіз можна було здійснити за єдиним алгоритмом, обчислювальна процедура якого, має мінімальну трудомісткість.

Для керування несиметрією на пруги в інтересах того або іншого суб'єкта господарювання за допомогою однієї математичної моделі необхідно обґрунтувати єдиний критерій ефективності як для випадку зменшення, так і збільшення ΔP_2 у відповідних мережах. Єдиний критерій можна запропонувати, якщо звернути увагу на таке явище. В одному із можливих випадків, коли симетрування напруги супроводжується зменшенням ΔP_2 (тобто, при зниженні U_2 одночасно має місце зниження ΔP_2) в елементах відповідних мереж, знаходити вектор керування можна також за критерієм $U_2 \rightarrow \min$, не обмежуючи його мінімальне значення. Якщо взяти до уваги, що СП має дискретні секції і повного симетрування за таких умов досягнути складно, то можна вважати, що знайдений мінімум для U_2 буде одночасно мінімумом і для ΔP_2 .

Для забезпечення вимог ГОСТ 13109-97, не зважаючи на зростання ΔP_2 при симетруванні напруги, необхідно приймати керувальні рішення для зменшення U_2 . Процес симетрування слід припинити як тільки U_2 досягне значення, якому відповідає нормований коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю $U_{2\text{доп}}$. Тобто розв'язувати задачу за критерієм $U_2 \rightarrow \min$ із введенням в математичну модель обмеження $U_2 \succ U_{2\text{доп}} - \varepsilon$, де ε - зона нечутливості СП, яка визначається його секцією найменшої потужності а яка гарантує забезпечення вимог ГОСТ 13109-97.

Математична модель керування несиметрією напруги у вузлах живильних мереж енергопостачальних компаній

Математична модель розроблена з врахуванням технічних особливостей схеми СП дискретного керування із мінімальною кількістю вимикачів[2], і забезпечує інтереси одного із суб'єктів господарювання

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \operatorname{Re} \dot{U}'_2 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + j \left(\operatorname{Im} \dot{U}'_2 + \sum_{i=1}^n b_i x_i \right) \right| \rightarrow \min \\ \left| \operatorname{Re} \dot{U}'_2 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + j \left(\operatorname{Im} \dot{U}'_2 + \sum_{i=1}^n b_i x_i \right) \right| \geq U_{2\text{доп}} - \varepsilon \\ Q' - \sum_{i=1}^n \Delta Q_i x_i \geq Q_{\text{доп}} \\ x_i + \bar{x}_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ x_i; \bar{x}_i \in \{1, 0\}, \end{array} \right.$$

де \dot{U}'_2 – вихідне значення вектора напруги зворотної послідовності у вузлі під'єднання СП (при умові вимкнених секцій СП);

Q' – вихідне значення реактивної потужності по вузлу навантаження;

$a_i; b_i$ – дійсна та уявна частини вектора напруги зворотної послідовності, яка створюється при ввімкненні i -ої секції СП;

$U_{2\text{доп}}$ – допустиме значення напруги зворотної послідовності у вузлі під'єднання СП;

ε – мінімальна зміна напруги U_2 , на яку реагує СП;

$Q_{\text{доп}}$ – допустиме значення реактивної потужності живильної лінії;

ΔQ_i – потужність i -ої секції СП;

n – загальна кількість секцій СП;

x_i – керована змінна; якщо x_i за результатами розрахунків дорівнює 1, то i -ту секцію СП необхідно ввімкнути, а якщо дорівнює 0, то навпаки – не вмикати;

\bar{x}_i – фіктивна змінна, яка фізичного змісту не має.

Цільова функція математичної моделі потребує мінімуму модуля напруги зворотної послідовності.

Допустимий рівень напруги зворотної послідовності забезпечується відповідним технічним обмеженням. Якщо необхідно забезпечити повне симетрування напруги, то при розрахунках необхідно вважати, що $U_{200n} - \varepsilon = 0$.

СП, секції керування якого мають ємнісний характер, генерують реактивну потужність [1, 2], що потребує контролю значення реактивних навантажень в лінії живлення. Технічне обмеження на реактивну потужність виключає можливість появи зворотних її перетоків із мереж споживача в мережі енергопостачальної організації.

Серед технічних обмежень – обмеження, яке вказує на те, що кожна секція СП в результаті прийняття технічного рішення може бути ввімкнутою або вимкненою. Саме тому за керовані змінні прийнято Булеві змінні.

Якщо більш жорстким обмеженням виявляється обмеження на реактивну потужність, то допустимих значень U_2 досягнути не можна. В таких випадках для забезпечення нормованих значень несиметрії напруг потрібно провести аналіз і обґрунтувати допустимість обмежених зворотних перетоків реактивної потужності або СП має бути на основі ємностей та індуктивностей, або тільки індуктивностей.

Розрахунок вектора керування за розробленою математичною моделлю

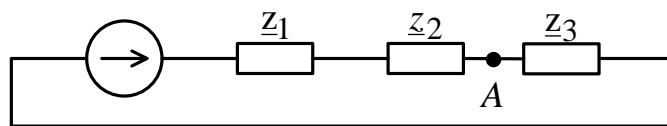
Розроблений обчислювальний метод визначення вектора керування передбачає обмежений перебір допустимих варіантів, як і в класичних методах оптимізації, та може бути застосований для аналізу як математичної моделі.

Приклад. В електричній мережі, яка показана на рисунку заступною схемою для струмів зворотної послідовності, до вузла А під'єднано СП з мінімальною кількістю вимикачів, який має такі технічні характеристики (табл.1).

Таблиця 1

Технічні характеристики СП

Параметри секцій СП, які під'єднуються до напруги U_{AB}		Параметри секцій СП, які під'єднуються до напруги U_{BC}		Параметри секцій СП, які під'єднуються до напруги U_{CA}	
№ секції, i	ΔQ_i , квар	№ секції, i	ΔQ_i , квар	№ секції, i	ΔQ_i , квар
1	50	5	50	9	50
2	30	6	30	10	30
3	20	7	20	11	20
4	10	8	10	12	10



Заступна схема для струмів зворотної послідовності

В схемі $\underline{z}_1 = 0,0084 + j0,048 \text{ Ом}$ – еквівалентний опір струмам зворотної послідовності мереж енергопостачальної компанії; $\underline{z}_2 = 0,0102 + j0,078 \text{ Ом}$ – те саме, трансформатора ТМ-250/10; $\underline{z}_3 = 0,035 + j0,12 \text{ Ом}$ – те саме, розподільних мереж споживача.

Вимірювання параметрів природного режиму (коли всі секції СП вимкнені) проведені у вузлі А і отримані значення:

$$\dot{U}_2 = 5,28e^{j98^\circ} \text{ В}; \dot{I}_2 = 42,24e^{j24,24^\circ} \text{ А}; Q = 65 \text{ квар.}$$

Знайти вектор керування для СП, який забезпечує мінімальне значення напруги зворотної послідовності у вузлі А за умови $Q_{\text{оп}} = 0$.

Результати розрахунків із визначення вектора керування за ітераціями наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати, отримані за окремими ітераціями

Ітерація	Вектор керування	\dot{U}_2 у вузлі А, В	ΔP_2 розподільчій мережі, Вт	Реактивна потужність, що споживається , квар
Вихідний режим	$\mathbf{X}_0^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	$5,28e^{j98^\circ}$	187,34	65
1	$\mathbf{X}_1^T = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	$4,22e^{j141,66^\circ}$	119,88	15
2	$\mathbf{X}_2^T = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	$3,57e^{j136,41^\circ}$	85,7	5

Розрахунки припиняються за результатами другої ітерації, оскільки множина M_3 виявилась порожньою. В рамках сформульованих умов та наявних технічних засобів поліпшити режим не можливо.

Висновок

Розроблена математична модель керування несиметрією напруги за критерієм мінімум додаткових втрат активної потужності при нормованих значеннях несиметрії напруги. Її використання в мікропроцесорній системі прийняття рішень забезпечить урахування інтересів енергопостачальної компанії(або споживача) в кінцевих результатах симетрування.

1. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с. – ISBN-5-283-03200-0.
2. Кузнецов В.Г. Снижение несимметрии и несинусоидальности напряжений в электрических сетях / В.Г. Кузнецов, А.С. Григорьев, В.Б. Данилюк – К.: Наукова думка, 1992. – 240 с. – ISBN 5-12-002018-6.
3. Терешкевич Л. Б. Дослідження впливу компенсувальних установок на додаткові втрати активної потужності від несиметрії режиму / Л.Б. Терешкевич, Т.М. Червінська, І.О. Бандура // Технічна електродинаміка. –2011. – №4. – С. 50–54.
4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Взамен ГОСТ 13109-87; Введ.01.01.00. – К.: Госстандарт Украины, 1999. – 31с.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2014

Е.А.Беличенко, С.Н.Толмачев

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

Проведен обзор литературных источников по применению микронаполнителей в цементных бетонах и их влиянию на свойства бетонов. Проведены исследования физико-химических свойств микронаполнителей, применяемых в цементных бетонах. Определены показатели pH и ЭДС суспензий микронаполнителей одного уровня дисперсности.

Ключевые слова: микронаполнители, дисперсные материалы, цемент, микрокремнезем, химические добавки, электролиты

Рис 2. Табл 2. Лит 11.

Проведено огляд літературних джерел щодо застосування мікронаповнювачів в цементних бетонах і їх впливу на властивості бетонів. Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей мікронаповнювачів, що застосовуються у цементних бетонах. Визначено показники pH і ЕРС суспензій мікронаповнювачів одного рівня дисперсності.

A review of the literature on the use of microfillers in cement concrete and their influence on the properties of concrete. It is shown that mainly conducted studies of the properties of the cement stone and concrete containing different kinds microfillers. Researchers have not been studied physicochemical properties microfillers and dependence on the dispersion properties of the excipients. So is urgent to study the dependence of their properties microfillers dispersion.

Researches physicochemical properties microfillers used in cement concrete. Defined pH and EMF suspensions microfillers same level of dispersion. The studies used cement and silica fume, which was sieved through a sieve with a hole diameter of 0,16 mm and 0,08 mm. PH measurements were carried out and EMF 10 % suspensions of cement and silica fume at + 20 °C with an instrument pH meter pH -150 MI with a combined electrode.

It is shown that the cement particles with the introduction of a 10 % slurry additives Na₂SO₄ electrolyte pH and the EMF is almost unchanged for the dispersion particles of 0,16 mm and 0,08 mm. It has been established that the cement dispersibility of the particles of 0,16 mm, and the change in pH observed with the addition of EMF 10 % superplasticizer additive slurry. For the same fume dispersion observed changes with the introduction of a 10 % slurry as electrolyte additives Na₂SO₄ and superplasticizer. For particle dispersion 0,08 mm observed changes in pH and with the addition of EMF in 10 % slurry of cement and silica fume as an electrolyte additive Na₂SO₄ and superplasticizer.

Later we will study the properties of other types microfillers both separately and together with electrolytes and superplasticizers and compared the experimental data.

Постановка проблемы

Одним из наиболее распространенных способов снижения расхода цемента и получения экономичных бетонов является введение в их состав микронаполнителей. Исследованиями по применению микронаполнителей занимались такие ученые как Ю.М. Баженов, Г.И. Бердов, В.Н. Выровой, Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, А.Г. Ольгинский, В.И. Соломатов, Е.Д. Щукин и их ученики. Имеется большой практический опыт применения в качестве дисперсных минеральных наполнителей (микронаполнителей) золы-уноса, шлаков, микрокремнезема и др. Микронаполнители добавляют в бетон в больших количествах – от 1 до 80 % массы цемента [11]. Бетоны, содержащие в своем составе микронаполнители более эффективны по сравнению с бетонами без них. Наиболее эффективно применение микронаполнителей в современных высокофункциональных бетонах, к которым можно отнести бетоны для дорожных и аэродромных покрытий. В исследованиях ученые в основном изучали влияние различных видов микронаполнителей на свойства бетонов. Не рассматривалась взаимосвязь между физико-химическими свойствами микронаполнителей, их дисперсностью и влиянием на свойства бетона.

Анализ последних исследований и публикаций

Н.В. Михаэлис с соавторами показал [4], что эффективным применением минеральных добавок для экономии цемента является введение их в бетон с оптимальной дисперсностью на 120 – 190 м²/кг превышающей дисперсность цемента и с учетом объема межзерновых пустот в цементе. Авторы считают, что частицы минеральных добавок располагаются в межзерновых пустотах частиц цемента, уплотняя и упрочняя при этом цементный камень. В исследованиях применяли золу-уноса и перлит, которые вводились в бетон взамен 10, 15, 20 и 25 % цемента в эквивалентном количестве, и с учетом объема межзерновых пустот. Было установлено, что применение добавок с учетом межзерновых пустот цемента не увеличивает водопотребность бетонной смеси; повышает прочность бетона на 10 – 30 % по сравнению с контрольным составом, снижает интегральную пористость и повышает однородность пор по размерам.

Целью эксперимента, проводимого В.Г. Зазимко [6] было улучшить гранулометрический состав смеси за счет введения наполнителя в виде молотого кварцевого песка и как следствие снизить расход цемента. Удельная поверхность измельченного песка составляла $3000 \text{ см}^2/\text{г}$. Авторы считают, что тонкоизмельченный наполнитель совместно с цементом участвует в формировании микроструктуры цементного камня и контактных зон между зёрнами песка.

В исследованиях А.Г. Ольгинский с соавторами [9] применял шлак мусоросжигательного завода с удельной поверхностью $3070 \text{ см}^2/\text{г}$ и пластификатор ХДСК. Авторы считают, что добавки тонкомолотого шлака и пластификатора активизируют процессы гидратации цемента, увеличивая количество высокодисперсных гелеобразных гидросиликатов кальция, обеспечивая тем самым уплотнение структуры и прирост прочности цементного камня.

А.Г. Ольгинский в своих исследованиях установил [8], что микронаполнитель не является инертным, а выступает в роли активного адсорбента и способствует повышению степени гидратации вяжущего с одной стороны, а с другой обеспечивает более полную закристаллизованность гидратов.

Б.В. Гусев в исследованиях применял [5] отход химической промышленности мелкодисперсный порошок с удельной поверхностью $600 - 800 \text{ м}^2/\text{кг}$, состоящий в основном из оксидов алюминия, хрома и кремния. Введение микронаполнителя в количестве $10 - 20 \%$ от массы цемента, для получения бетонных смесей с подвижностью $1 - 10 \text{ см}$, позволяет обеспечивать требуемые показатели прочности бетонов классов В15, В25, В30. введение микронаполнителя в количестве 10% от массы цемента приводит к приросту прочности бетонов в диапазоне $7 - 12 \%$.

Для повышения прочности цементного камня и бетона Г.И. Бердов [3] применял минеральные добавки, такие как микрокремнезем ($S_{\text{уд}} = 5230 \text{ см}^2/\text{г}$), золу-уноса ($S_{\text{уд}} = 7420 \text{ см}^2/\text{г}$), известняковую муку ($S_{\text{уд}} = 8560 \text{ см}^2/\text{г}$). Оптимальное содержание добавок соответствовало: для микрокремнезема и золы-уноса $1,5 \%$, для известняковой муки – 7% . Увеличение прочности при сжатии составляет при введении: 7% известняковой муки – 15% ; $1,5 \%$ золы-уноса – $11,5 \%$; $1,5 \%$ микрокремнезема – 3% . Авторы считают, что оптимальное количество добавки зависит от ее дисперсности и от таких свойств, как твердость, плотность, модуль упругости. Оптимальное содержание добавки будет определяться ее воздействием на процесс гидратации цемента, формирование контактной зоны между частицами добавки и цементным камнем, а не микроармированием цементного камня.

В.В. Бабков считает [1], что основным объяснением явления «эффект микронаполнителя» является сильное влияние микронаполнителя на дифференциальную пористость твердеющего цементного камня, т.е. упрочнение реализуется через структурно-механические факторы. При введении тонкодисперсного кварцевого наполнителя разной дисперсности ($S_{\text{уд}} = 5800 \text{ см}^2/\text{г}$, $S_{\text{уд}} = 9500 \text{ см}^2/\text{г}$, $S_{\text{уд}} = 13300 \text{ см}^2/\text{г}$) при одинаковом водоцементном отношении ($В/Ц=0,3$) и на одинаковой марке цемента (одинаковые минералогический и гранулометрический составы клинкера) при твердении цементного камня в одинаковых условиях, получены приросты прочности на сжатие от $1,5$ до 6 раз по сравнению с цементным камнем без добавок. Эффект упрочнения снижается со снижением дисперсности наполнителя и полностью исчезает с выходом на дисперсность мелкого заполнителя.

Г.И. Бердовым с сотрудниками [2] проводились исследования по определению влияния минеральных добавок и электролитов на механическую прочность и морозостойкость тяжелого бетона. В качестве электролита вводили соль в количестве 1% от массы цемента. Было показано, что совместное применение минеральных добавок и электролитов способствует микроармированию цементного камня. Наблюдается увеличение прочности на 50% и морозостойкости на 2 марки.

Н.М. Зайченко с сотрудниками [7] применяли в своих исследованиях поляризованные в электростатическом поле дисперсные наполнители (пыль электрофильтров цементных печей, зола-унос, зольные сферы ГРЭС). Было показано, что обработка дисперсного наполнителя высоковольтным электростатическим полем приводит к повышению средней плотности и прочности цементного камня.

П.А. Ребиндер считает [10], что эффективность наполнителей как подложек направленного кристаллообразования повышается с увеличением их дисперсности.

В многочисленных исследованиях ученых в основном изучались свойства цементного камня и бетонов, содержащих различные виды микронаполнителей. Исследователями не были изучены физико-химические свойства микронаполнителей и зависимость свойств от дисперсности

наполнителей. Очевидно, что физико-химические свойства частиц такого уровня дисперсности во многом определяют качество структуры и свойства всех ее уровней. Не было установлено четкой взаимосвязи между свойствами микронаполнителей, их дисперсностью и влиянием на свойства бетона. Поэтому актуальным является исследование зависимости свойств микронаполнителей от их дисперсности.

Цель исследований. Изучить сходство и различия в физико-химических свойствах микронаполнителей одного уровня дисперсности.

Основные результаты исследований

В исследованиях применяли цемент Одесского цементного завода ПЦ II / А – III – 500 с удельной поверхностью 5350 см²/г, микрокремнезем с удельной поверхностью 5980 см²/г. Цемент и микрокремнезем просеивали через сита с диаметром отверстий 0,16 и 0,08 мм. Проводили измерения pH и окислительно-восстановительного потенциала (ЭДС) 10 % суспензий цемента и микрокремнезема при температуре + 20 °С. Исследования проводили с помощью прибора pH-метра pH-150 МИ с комбинированным электродом.

Исследования pH 10 % суспензий цемента и микрокремнезема показали (рис. 1), что pH 10 % суспензии цемента дисперсностью частиц 0,16 мм равно 13,16, а pH 10 % суспензии микрокремнезема той же дисперсности частиц равно 10,35.

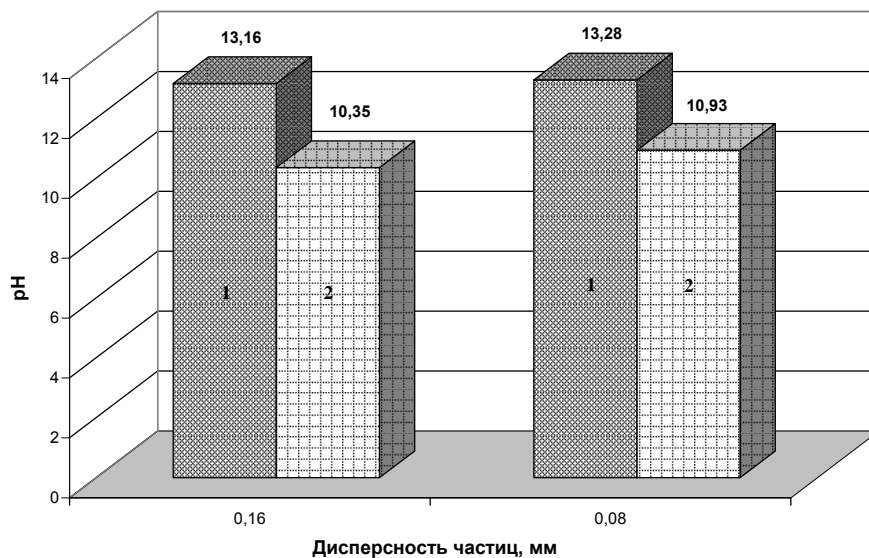


Рис. 1 . Зависимость pH 10 % суспензий цемента и микрокремнезема от дисперсности частиц: 1)цемент; 2)микрокремнезем

У частиц дисперсностью 0,16 мм и 0,08 мм pH 10 % суспензий цемента выше, чем микрокремнезема. ЭДС 10 % суспензий цемента и микрокремнезема (табл. 1) увеличивается с увеличением дисперсности. У частиц цемента дисперсностью 0,16 мм ЭДС 10 % суспензий составляет – 348, а у дисперсности 0,08 мм она составляет – 355. У частиц микрокремнезема дисперсностью 0,16 мм ЭДС 10 % суспензий равна – 185, а у частиц дисперсностью 0,08 мм равна – 219.

Проводили исследования pH и ЭДС 10 % суспензий цемента и микрокремнезема с 2 % Na₂SO₄ (рис. 2). С введением 2 % добавки электролита Na₂SO₄ в 10 % суспензию частиц цемента дисперсностью 0,16 мм pH практически не изменяется и равно 13,14, при этом ЭДС суспензии равно – 347 (табл. 2). У микрокремнезема с введением 2 % добавки электролита Na₂SO₄ в 10 % суспензию частиц дисперсностью 0,16 мм pH увеличивается до 11,0, при этом ЭДС равно – 222.

Таблица 1

Исследование pH и ЭДС 10 % суспензий цемента

	10 % суспензия цемента		10 % суспензия микрокремнезема	
	0,16	0,08	0,16	0,08
рН	13,16	13,28	10,35	10,93
ЭДС, mV	– 348	– 355	– 185	– 219

У частиц дисперсностью 0,08 мм с введением 2 % добавки электролита Na_2SO_4 в 10 % суспензию цемента рН снижается до 13,16 и ЭДС равно – 349. У частиц микрокремнезема с введением 2 % добавки электролита Na_2SO_4 в 10 % суспензию рН становится равным 11,03, а ЭДС – 224 (рис. 2, табл. 2).

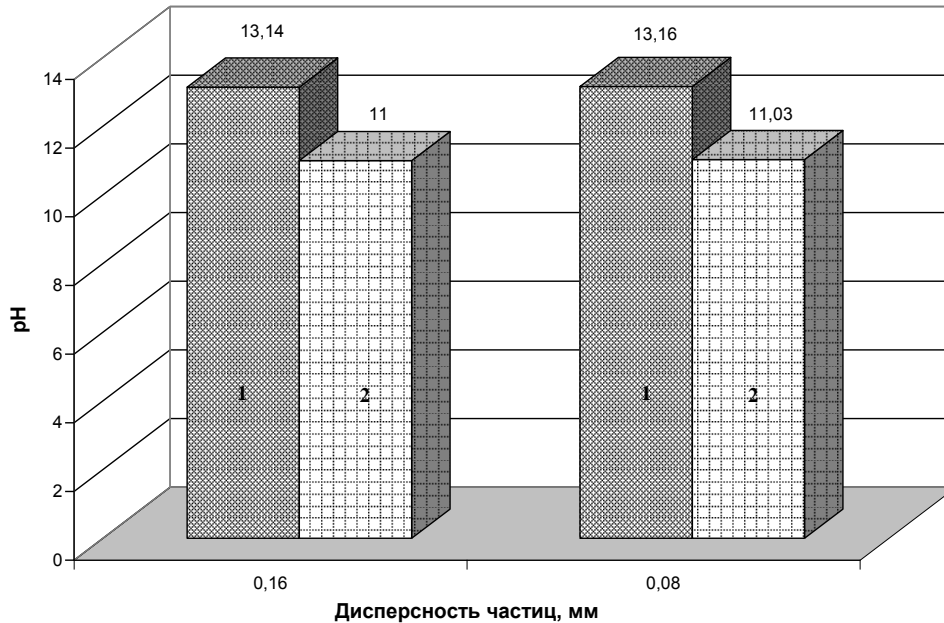


Рис. 2 . Зависимость рН 10 % суспензий цемента и микрокремнезема с добавкой-электролитом 2 % Na_2SO_4 от дисперсности частиц: 1)цемент; 2)микрокремнезем

Таблица 2

Исследование рН и ЭДС 10 % суспензий цемента и микрокремнезема с добавкой-электролитом Na_2SO_4

	10 % суспензия цемента + 2 % Na_2SO_4		10 % суспензия микрокремнезема + 2 % Na_2SO_4	
	0,16	0,08	0,16	0,08
Дисперсность				
рН	13,14	13,16	11,0	11,03
ЭДС, mV	- 347	- 349	- 222	- 224

Проводили исследования рН и ЭДС 10 % суспензий цемента и микрокремнезема с введением 0,7 % добавки суперпластификатора Релаксол С3-Р (табл. 3). У частиц цемента дисперсностью 0,16 мм рН 10 % суспензии с введением суперпластификатора Релаксол С3-Р становится равной 13,22, а ЭДС – 353. У частиц микрокремнезема этой же дисперсности рН 10 % суспензии с введением суперпластификатора Релаксол С3-Р равно 10,64, а ЭДС – 202 (табл. 3)

Таблица 3

Исследование рН и ЭДС 10 % суспензий цемента и микрокремнезема с добавкой суперпластификатором Релаксол С3-Р

	10 % суспензия цемента + 0,7 % от $m_{ц}$ Релаксол С3-Р		10 % суспензия микрокремнезема + 0,7 % от $m_{ц}$ Релаксол С3-Р	
	0,16	0,08	0,16	0,08
Дисперсность				
рН	13,22	13,24	10,64	10,79
ЭДС, mV	- 353	- 354	- 202	- 211

У дисперсности частиц 0,08 мм рН 10 % суспензии цемента с введением суперпластификатора Релаксол С3-Р равно 13,24, а ЭДС – 354. У частиц микрокремнезема этой же дисперсности рН 10 % суспензии с введением суперпластификатора Релаксол С3-Р становится равным 10,79, а ЭДС равным – 211.

Выводы. 1. Показано, что у частиц цемента дисперсностью 0,16 мм наблюдаются изменения рН и ЭДС с введением в 10 % суспензию добавки суперпластификатора.

2. Установлено, что у микрокремнезема дисперсности 0,16 мм наблюдаются увеличение рН и ЭДС с введением в 10 % суспензии как добавки электролита Na_2SO_4 так и суперпластификатора.

3. Показано, что у частиц цемента и микрокремнезема дисперсностью 0,08 мм наблюдаются изменения рН и ЭДС с введением в 10 % суспензии как добавки электролита Na_2SO_4 так и суперпластификатора.

В дальнейшем будут изучены свойства других видов микронаполнителей как отдельно, так и совместно с электролитами и суперпластификаторами и сопоставлены экспериментальные данные, а также исследована взаимосвязь между дисперсностью микронаполнителей и свойствами цементного бетона.

1. Бабков В.В. «Эффект микронаполнителя» в технологии цементных бетонов и его природа / В.В. Бабков, С.М. Капитонов, И.В. Онищенко, А.Ф. Полак // Проблемы материаловедения и совершенствования технологии производства строительных изделий: сб. научн. трудов. – Белгород: БТИСМ, 1990. – 184 с. – С. 29 – 33.
2. Бердов Г.И. Повышение морозостойкости и механической прочности бетона введением минеральных добавок и электролитов / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина, А.В. Мельников // Строительные материалы, № 7, 2011. – С 64 – 65.
3. Бердов Г.И. Влияние высокодисперсных минеральных добавок на механическую прочность цементного камня / Г.И. Бердов, Н.И. Никоненко, Л.В. Ильина // Известия вузов. Строительство. – 2011. - №12 (636). – С. 25 – 30.
4. Величко Е.Г. Рациональное содержание минеральных добавок в бетоне для оптимизации его структуры / Е.Г. Величко, Л.Ф. Вагина, Н.В. Михаэлис // Теория, производство и применение искусственных строительных конгломератов в воздухохозяйственном строительстве: Всесоюзная научно-техническая конференция (13 – 15 мая 1985 г.). – Ташкент: «Узгипрозем». – 1985. – 485 с. – С. 66.
5. Гусев Б.В. Высокоэффективная минеральная добавка в бетон / Б.В. Гусев, А.В. Простяков, А.В. Ларионов // Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов: тезисы докладов республиканской конференции, г. Харьков, 11 – 13 октября 1989 г.). – Харьков: Изд-во ХАДИ. – 1989. – 220 с., С. 198 – 199.
6. Зазимко В.Г. Мелкозернистый бетон роликового формования с тонкомолотыми минеральными добавками / В.Г. Зазимко, А.Ф. Масляев, А.М. Кагитин // Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов: тезисы докладов республиканской конференции, г. Харьков, 11 – 13 октября 1989 г.). – Харьков: Изд-во ХАДИ. – 1989. – 220 с., С. 130 – 131.
7. Зайченко Н.М. Адгезионные свойства дисперсных наполнителей бетона, поляризованных в высоковольтном электростатическом поле / Н.М. Зайченко, И.П. Лыга, В.Г. Вешневская // Збірник наукових праць «Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури», Вип. 2004-1(43), Т.1. «Композиційні матеріали для будівництва», Макіївка, 2004. – С. 191 – 195.
8. Ольгинский А.Г. Влияние примесей заполнителя на формирование структурных особенностей цементных бетонов: Тр. ХИИТ / А.Г. Ольгинский. - М.: Транспорт, 1971, вып.122. – С. 20 – 23.
9. Ольгинский А.Г. Структурообразование в система цемент – шлак – пластификатор / А.Г. Ольгинский, Э.В. Омеляненко, М.Р. Халатова // Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов: тезисы докладов республиканской конференции, г. Харьков, 11 – 13 октября 1989 г.). – Харьков: Изд-во ХАДИ. – 1989. – 220 с., С. 158 – 159.
10. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур. Сборник статей / П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1966. – 400 с., ил.
11. Фисенко В.А. Определение и классификация / В.А. Фисенко // Химические и минеральные добавки в бетон / Под общей ред. А.В. Ушерова-Маршака. – Х.: Колорит, 2005. – 280 с.: ил., С. 52 – 56.

Стаття надійшла до редакції 08.04.2014

Рецензент: В.П. Кожушко заведуючий кафедрой мостов, конструкций и строительной механики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, доктор технических наук, профессор.

УДК 620.179.118:625.8(045)

А.О.Белятинський, К.В.Краюшкіна, О.В.Скрипченко
Національний авіаційний університет
ПРОБЛЕМИ ВІДОМИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВЗАЄМОДІЇ
КОЛЕСА З ПОВЕРХНЕЮ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ

Більшість методів оцінки зчепних якостей покриття розраховано з умови прямолінійного руху автомобілів, а також сухого чистого покриття автомобільної дороги. За таких умов сила зчеплення забезпечується молекулярною та деформаційною складовими, але вони не враховують порушення молекулярного зв'язку при зволоженні дорожньої поверхні, тому існує необхідність розробки моделі, що враховує зволоження дорожнього покриття.

Ключові слова. Шорсткість, цементобетон, коефіцієнт зчеплення, проїзна частина, молекулярна складова, механічна взаємодія, занесення.

Форм 12. Літ.11.

А.О.Белятинский, К.В.Краюшкина, О.В.Скрипченко
ПРОБЛЕМЫ ИЗВЕСТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ВЗАЕМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Большинство методов оценки сцепных качеств дорожного покрытия рассчитано из условий прямолинейного движения автомобилей, а также сухого чистого покрытия автомобильной дороги. При таких условиях сила сцепления обеспечивается молекулярной и деформационной составляющими, но они не учитывают нарушения молекулярной связи при увлажнении дорожной поверхности, поэтому существует необходимость разработки модели, учитывающей различные состояния дорожного покрытия.

Ключевые слова: Шероховатость, цементобетон, коэффициент сцепления, проезжая часть, молекулярная составляющая, механическое взаимодействие, занос.

A. Byelyatynskiy, K. Krayushkina, A. Skrypchenko
KNOWN PROBLEMS OF MATHEMATICAL MODELS INTERACTION OF WHEELS
WITH THE PAVEMENT SURFACE

Most methods for assessing adherence pavement with the wheel is designed under the condition of rectilinear motion of cars and clean dry pavement. Under such conditions the cohesive force provides deformation and molecular components, but they do not include violation of a molecular bond when the road surface is moistened, so there is need to develop a model that takes into account the various road conditions. During operation of highways uneven wear occurs of the road surface along its entire length. This contributes to many factors: a significant number of trucks as part of the traffic flow, modes and their operation, construction technology and operational maintenance of roads, used materials and other. Inhomogeneity qualities of coupling across the width of the road is the cause of one of the most dangerous situations in traffic - car skids. In general, the interaction of the wheel with the road surface explained by presence of two independent components - the strength of the molecular interactions between the surfaces of the mechanical strength and resistance, are associated with deformation of their surface layers. Molecular interaction processes cover the surface layers of the tread rubber and the road surface by hundredths of a micrometer, and mechanical interaction processes occur in the body protector and thickness of layers of a few tenths of a micrometer, because pressing roughness peaks in body of rubber takes place. Most of the mathematical models developed for dry pavement, but the most dangerous is wet, dirty pavement, so the actual is the development of a mathematical model, taking into account the different states of the pavement.

Keywords: Roughness, cement concrete, friction coefficient, the roadway, the molecular component, mechanical interaction, skid

Актуальність теми.

В процесі експлуатації автомобільних доріг відбувається нерівномірний знос поверхні покриття по всій його довжині, чому сприяє багато факторів: значна кількість великовагових автомобілів у складі транспортного потоку, режими та умови їх руху, технологія будівництва і експлуатаційного утримання автомобільної дороги, використані матеріали та інше. Також слід враховувати, що більшість автомобільних доріг в Україні побудована ще за старими нормативними документами і розрахунковими характеристиками.

©А.О.Белятинський, К.В.Краюшкіна, О.В.Скрипченко

Все це негативно впливає на зчіпні якості покриттів, а з часом утворюються, так звані, зони з різноманітними зчіпними якостями.

За результатами статистичних спостережень, водії, частіше всього, рухаються з приблизно однаковою швидкістю, без маневрів і частіше за все не можуть оцінити стан покриття по всій площині, або оцінюють його невірно. Це призводить до того, що під час виконання маневру можливе виникнення небезпечної ситуації, пов'язаної із обранням водієм режиму руху, що не відповідає реальній ситуації.

За останні десятиріччя інтенсивного розвитку дорожньо-будівельної галузі питання підвищення шорсткості покриттів, зокрема цементобетонних, є одним із переважаючих напрямків в діяльності як вітчизняних, так і зарубіжних вчених.

Для обрання раціонального способу ремонту покриттів необхідно раціонально оцінити фактори, що впливають на процес зменшення зчіпних якостей покриття автомобільної дороги. Адже ефективність роботи та безпека руху автомобільного транспорту в значній мірі залежить від транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг. У значній мірі це стосується стану дорожнього покриття, яке повинно забезпечувати надійний контакт з шинами автомобілів.

Аналіз причин дорожньо-транспортних подій показує, що значна частка аварій та нещасних випадків на автомобільних дорогах виникає внаслідок незадовільних дорожніх умов [1]. У залежності від пори року, умов руху, категорії дороги, стану проїзної частини та ряду інших факторів від 14 до 80 % аварій відбувається з причин низьких зчіпних якостей дорожнього покриття. Особливо небезпечним вважається рух автомобілів по поверхні зволоженого покриття. Вважається, що аварійність на мокрих шорстких покриттях в 1,5 – 2 рази менша ніж на покриттях з гладкою поверхнею, так саме нижча тяжкість наслідків ДТП [1].

Огляд літературних джерел та нормативної літератури показує [2], що більшість методів і способів оцінки зчіпних якостей покриття розраховано на споживчі властивості автомобільної дороги виходячи з умови прямолінійного руху автомобілів. Такий підхід склався історично, коли кількість автомобілів була меншою та їхні технічні можливості були обмеженими. Тому, на сьогоднішній день існує необхідність безпечного виконання маневрів з оптимальною швидкістю їх виконання, виходячи з реальних умов.

Постановка питання.

Ще у 60-х роках минулого сторіччя Порожняков В. С. прийшов до висновку, що знос покриття автомобільної дороги відбувається нерівномірно по площі проїзної частини [2]. Зношення покриття, поліровка зерен кам'яного матеріалу, зниження шорсткості і як наслідок, зменшення коефіцієнту зчеплення відбувається по смугах накату, а простір між ними поступово забруднюється та замаслюється.

Неоднорідність зчіпних якостей по ширині дороги є причиною однієї з найнебезпечніших ситуацій у дорожньому русі – занесення автомобіля. На шорстких покриттях втрата бокової стійкості спостерігається при швидкості 90 км/год [2]. Особливо часто заноси трапляються на слизьких, забруднених покриттях, коли опір дії бокових сил знижується та вплив пориву вітру, наявності нерівностей на дорозі) може викликати занесення. Тому вважається, що в аварійній ситуації водії повинні виконувати гальмування з меншими інтервалами, з неповним використанням гальмівних можливостей, щоб уникнути занесення. Умови руху по смугах із різними зчіпними якостями можна порівняти із гальмуванням автомобіля при нерівномірній роботі гальм [3].

Дослідження процесу взаємодії колеса з дорожнім покриттям проводиться достатньо давно, для характеристики якого застосовувались класичні теорії з різноманітних областей механіки. З огляду на їх значну кількість має сенс розглянути лише математичні моделі взаємодії колеса з поверхнею дорожнього покриття, в яких для визначення функціональних показників використано структурні показники.

Відомі математичні моделі.

Для оцінки сили зчеплення колеса із сухим покриттям, існує формула (1) розроблена Петровим І.П. [4, 5], яка є найбільш відомою і вважається основною чи базовою при визначенні зчіпних якостей. В цій формулі величина зчеплення визначається в залежності від площі контакту колеса з поверхнею покриття:

$$T = \varphi * A, \quad (1)$$

де A – площа фактичного контакту;

φ^* – стала величина.

$$\varphi^* = \eta_p \left(161060 - 2 \left(273 + t_c - 5\sqrt{v}lg \frac{10^{18}}{v} \right) \right), \quad (2)$$

де t_c – температура навколишнього середовища;

v – швидкість ковзання;

η_p – емпіричний коефіцієнт, який залежить від складу гуми і визначається в лабораторних умовах шляхом вимірювання сили тертя зразка гуми з шорсткою поверхнею і послідовних розрахунків з урахуванням t_c, v, A .

Недоліком цього способу є те, що введення емпіричних поправок не дає можливості перевірити теоретичні викладки, до того ж обмежене практичне використання.

Пізніше Петровим І.П. було отримано формулу для визначення коефіцієнта зчеплення колеса з сухим твердим покриттям, φ :

$$\varphi = 2,14 (r_n i_n)^{2/3} \xi \frac{E_a - R_k (T_0 + c\sqrt{v}) lg \frac{v_0}{v}}{E^{2/3} q_{cp}^{2/3}}, \quad (3)$$

де r_n – радіус заокруглення вершин нерівностей;

i_n – щільність нерівностей;

E_a – енергія активації молекул резини;

q_{cp} – середній тиск в зоні контакту на виступах;

R_k – стала Клапейрона;

T_0 – температура навколишнього середовища;

c, v_0 – сталі Шалламаха;

ξ – емпіричний коефіцієнт.

Галузь застосування даної формули обмежена необхідністю визначення емпіричних коефіцієнтів. Властивості поверхні дорожнього покриття не вичерпуються лише геометричними параметрами. Вплив цих властивостей на молекулярну складову сили зчеплення формули не враховують.

Але з часом Петровим було представлено залежність для визначення площі контакту колеса із дорожнім покриттям, з використанням молекулярно-механічної теорії тертя [6, 7], в якій враховуються характеристики автомобільного колеса:

$$A_c = k' B_{\Pi} l, \quad (4)$$

де k' – коефіцієнт насиченості малюнку протектора;

B_{Π} – ширина протектора;

l – довжина зони контакту.

Величина l знаходиться із геометричних міркувань при умові, що проекція бігової доріжки шини за межами зони контакту на поздовжню площину колеса не відрізняється від кола:

$$l = 2\sqrt{2r_0 h}, \quad (5)$$

де r_0 – радіус не навантаженого колеса;

h – прогин шин, який визначається із квадратного рівняння:

$$h^2 - \alpha_2 \frac{hG_k}{p_w + p_o} - \alpha_1 G_k = 0 \quad (6)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{r_o r_n}} \quad (7)$$

де r_n – радіус бігової доріжки протектора;
 G_k – навантаження на колесо;
 p_w – внутрішній тиск повітря в шині;
 p_o – характеристика жорсткості покриття;
 α_1 – стала величина, що визначається з нерівності:

$$(\pi\sqrt{2r_o r_n})^{-1} \leq \alpha_2 \leq 1,4(\pi\sqrt{2r_o r_n})^{-1} \quad (8)$$

Величини α_1 , α_2 і p_o для різних типів шин визначають за дослідними даними. При визначенні сили зчеплення T [6, 7] контакт вважається насиченим, за Крагельським І. В. використовується вираз:

$$T = \frac{0,125 \alpha_{\text{эф}} A_c b \varepsilon_{\text{кр}}^{v-1} E h_{\text{max}}}{\pi R v (1 - \mu^2)} [v\varepsilon - (v-1)\varepsilon_{\text{кр}}]^2 + \left\{ \tau_o + \frac{0,42\beta E h_{\text{max}}}{R^2 |2v-1| 2(1-\mu^2)} [v\varepsilon - (v-1)\varepsilon_{\text{кр}}] \right\}^{\frac{1}{2}} \times \frac{A_c}{2v} [v\varepsilon - (v-1)\varepsilon_{\text{кр}}] \quad (9)$$

У загальному випадку процес взаємодії колеса з дорожнім покриттям обумовлюється наявністю двох незалежних складових – сили молекулярної взаємодії між поверхнями та сили механічного опору, яка пов'язана з деформацією їх поверхневих шарів. Процеси молекулярної взаємодії охоплюють поверхневі шари гуми протектора та поверхні дороги на соті долі мікрометра, а процеси механічної взаємодії виникають в самому тілі протектора та в шарах товщиною в десятки долі мікрометра, внаслідок вдавлювання виступів шорсткості в тіло гуми. Експерименти показують [8], що молекулярна взаємодія та деформування верхніх шарів контактуючих тіл є двома основними напрямками втрати енергії під час руху колеса по поверхні дорожнього покриття. Це знаходить своє відображення в структурі формул для визначення коефіцієнту зчеплення [9].

Для визначення коефіцієнту зчеплення Крагельським І. В. [8] було запропоновано формулу, що враховує молекулярну та деформаційну складові:

$$\varphi = \frac{2,1\tau\theta^{4/5}}{p_c^{1/5}\Delta^{2/5}} + \beta + 0,23a_r p_c^{1/5} \Delta^{2/5} \theta^{4/5}, \quad (10)$$

де τ – сила опору зсуву;
 θ – пружна стала матеріалу;
 Δ – параметр шорсткості;
 β – п'єзокоефіцієнт молекулярної складової тертя;
 a_r – коефіцієнт гістерезисних витрат.

Формули (3) та (10) мають дві складових: ліва частина виражає деформаційну складову сили зчеплення, права – молекулярну.

Розглядаючи процес занурення у воду елемента протектора шини Левін Ю С [9] вивів формулу для визначення коефіцієнта зчеплення для мокрого покриття:

$$\varphi_{\text{м}} = \left[1 - \frac{V m \sigma \mu}{l q (1 - \varepsilon)} \left(\frac{1}{h_{\text{н}}^2} - \frac{1}{h_{\text{о}}^2} \right) \right], \quad (11)$$

де V – швидкість руху колеса;

l – довжина зони контакту;

ε – коефіцієнт овальності контакту, що враховує відхилення його форми від прямокутника.

Як видно з формули Левін Ю. С. використав параметр h – різницю між середньою висотою виступів шорсткості дорожнього покриття та глибиною деформації ними гуми протектора, яка залежить від висоти їх виступів, форми та інших факторів. Область використання виразу (11) обмежується тим, що при виведенні $\varphi_{\text{м}}$ використовуються експериментальні значення коефіцієнта зчеплення колеса з сухим покриттям.

Ларін О. Н. на основі молекулярно-механічної теорії одержав вираз для визначення коефіцієнта зчеплення шини з покриттям:

$$\varphi = \frac{3,9 B C_0 K_H}{E^{0,86} G} \int_B^a (\tau_c q_z^{0,86} + \left[\beta + \alpha \frac{h^{1/2}}{R_H^{1/2}} q_z^{1,86} \right]) d\xi, \quad (12)$$

де B – ширина зони контакту;

C_0 – коефіцієнт, що враховує відхилення форми контакту від прямокутника;

G – навантаження на колесо;

E – модуль пружності гуми протектора;

τ_c – опір зсуву адгезійного зв'язку;

β – п'єзокоефіцієнт молекулярного тертя;

α – коефіцієнт гістерезисних витрат;

h – заглиблення шини;

R_H – радіус заокруглень виступів шорсткості;

ξ – змінна інтегрування.

При виведенні формули (12) вважалось, що під час руху вода витісняється перед колесом і між ним та покриттям відбувається сухий контакт. Таке твердження можна прийняти лише для малих швидкостей руху, коли гідро підйомна сила води майже не впливає на режим руху. В якості вихідного параметру, який характеризує структуру поверхні покриття Ларін О. Н. використовує радіус заокруглень виступів шорсткості R_H [10].

Причина погіршення зчепних якостей покриття в разі його зволоження полягає у зміні характеру взаємодії між колесом та поверхнею дороги. Якщо на сухому покритті основна частка сили зчеплення обумовлена адгезією, то на вологому покритті вона різко знижується. У цей час на поверхні дороги утворюється плівка води, що перемішана з брудом та рештками мастила, тому контакт між колесом та поверхнею дороги відбувається за рахунок механічної взаємодії.

Співвідношення між молекулярною (адгезійною) та деформаційною (механічною) складовими в загальному випадку залежить від ряду факторів, а саме виду контакту, фізико-механічних властивостей матеріалів, структури їх поверхні. При контакті гуми з гладкими поверхнями молекулярна складова коефіцієнта зчеплення перевищує деформаційну майже в два рази, у разі контакту з шорсткими поверхнями – співвідношення буде зворотнім, величина якого буде залежати саме від структури нерівностей поверхні покриття [11].

Висновки.

1. Галузь використання розглянутих в статті формул обмежена необхідністю визначення емпіричних коефіцієнтів, що робить їх складними і незручними при проведенні розрахунків, а також знижує точність результатів.

2. Дані формули математично описують взаємодію колеса із сухим дорожнім покриттям, коли сила зчеплення забезпечується молекулярною та деформаційною складовими, але вони не враховують порушення молекулярного зв'язку при зволоженні дорожньої поверхні.

©А.О.Белятинський, К.В.Краюшкіна, О.В.Скрипченко

3. Більшість вищезгаданих математичних моделей розроблено за умов сухого дорожнього покриття, в той час, як найбільш небезпечним є саме мокре, брудне дорожнє покриття, тому актуальною є розробка математичної моделі з врахуванням різних станів дорожнього покриття.

1. Гончаренко Ф. П. керування безпекою руху засобами дорожньої служби: Монографія. / Ф. П. Гончаренко – К., 1999. – 280 с.
2. Порожняков В.С. Оценка сцепления шин автомобиля с дорожным покрытием / под. ред. В. Ф. Бабкова – К.: Высшая шк., 1967. – 100 с.
3. Лабезников М.Г. Эксплуатация автомобилей в тяжелых дорожных условиях. / М.Г. Лабезников, Ю.Л. Бкуревич – М.: Транспорт., 1976. – 224 с.
4. Петров М. А., Шинкаренко А. А., Ягодкин Л. Г. Определение силы трения резины по твердой поверхности при малых скоростях движения // Каучук и резина. Выпуск №12 – Москва, 1972. – С. 41-42
5. Петров М. А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме / М. А. Петров – Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1973. – 224 с.
6. Крагельский И.В. Трение, изнашивание и смазка. Кн. 2 / И. В. Крагельский, В. В. Алисин. – М.: Машиностроение, 1979. – 358 с.
7. Крагельский И. В. Узлы трения машин / И. В. Крагельский, Н. М. Михин. – М.: Машиностроение, 1984. – 256 с.
8. Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Дробычин, В. С. Комбалов – М.: Машиностроение, 1997. – 526 с.
9. Бидерман В. Л. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на износ, сцепление и сопротивление качению автомобильных шин / В. Л. Бидерман, Д. С. Левин, Л. Д. Слюдилов, Л. А. Упорина. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1970. – 97 с.
10. Ларин А. Н. Сцепление автомобильной шины с дорогой покрытой слоем воды: автореф. дис. на здобуття наук. ступіня канд. тех. наук: спец. 05.22.11 «Автомобільні шляхи та аеродроми» / А. Н. Ларин. – Х., 1989. – 18 с.
11. Лыченко В.В. Оцінка зчпних якостей дорожнього покриття за параметрами шорсткості його поверхні // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Випуск 68. – Київ, 2003. – С. 45-47.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014

УДК 656.13

В.В.Біліченко

**Вінницький національний технічний університет
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У М. ВІННИЦЯ**

Запропоновано класифікацію маршрутів міських пасажирських перевезень за їх призначенням в загальній схемі маршрутів, визначено найбільш раціональні режими руху на цих маршрутах а також пасажиромісткість автобусів на них. Обґрунтовано доцільність використання евристичного алгоритму формування маршрутної мережі. Наведено результати вдосконалення маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниця.

Ключові слова: пасажирські перевезення, маршрут, маршрутна мережа, режим руху, пасажирські перевезення, типи маршрутів.

Форм 4. Табл.1. Літ 6.

Предложено классификацию маршрутов городских пассажирских перевозок по их назначению в маршрутной сети маршрутов, определены наиболее рациональные режимы движения на этих маршрутах а также пассажироместимость автобусов на них. Обосновано использование эвристического алгоритма формирования маршрутной сети. Приведены результаты усовершенствования маршрутной сети г. Винница.

The classification of urban passenger transport routes based on their purpose in the general scheme of routes - trunk (main), secondary (haul), local path, increased comfort. Determine the largest rational modes of traffic on these routes: on the trunk - express and normal driving mode; to support normal traffic; local and enhanced comfort - taxi mode. Proposed the most appropriate seating capacity of buses depending on the type of route: on main and auxiliary routes - buses high and medium capacity; routes superior and local routes - buses and vans of average capacity. The expediency of using heuristic algorithm formation of the route network. Using heuristic algorithm formation route network will take into account: first - the maximum capacity utilization of electric transportation for passengers, and secondly - actually existing at the time the network the possibility of using buses of large and medium passenger. The results improve passenger route network in Vinnitsa. Introduction of improved route network in the city of Vinnitsa possible to increase the volume of passenger traffic electrified, reduce the number of buses on the routes by 15% while improving the basic indicators of the route network, the quality of passenger transportation.

Постановка проблеми. Системи міського пасажирського транспорту (МПТ) займають особливе місце в загальній структурі пасажирського транспорту, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці та концентрацією виробництва. Міський транспорт в сучасному місті є своєрідним життєдіяльним органом, бо життя міста на сьогоднішній день не можливо уявити без постійного ефективного функціонування транспортного комплексу. Стандарти та вимоги сучасного життя зовсім інші ніж були раніше, населення повинно задовольняти свої потреби в зручному переміщенні до місць роботи, культурних та освітніх закладів, а також до місць проживання інших людей та різноманітних сфер обслуговування — ось головне завдання, яке постає перед транспортною системою міста. Якість пасажирських перевезень впливає на психологічний та фізичний стан людей, продуктивність їх праці, відпочинок. Виходячи з цього, удосконалення організації пасажирських перевезень підвищення їх якості має важливе народногосподарське та соціальне значення. Разом з цим при організації пасажирських перевезень необхідно приділяти значну увагу розробкам, спрямованим на задоволення вимог екологічної безпеки міст з тим, щоб знизити шкідливі викиди транспортних засобів. Найголовнішим критерієм ефективної роботи пасажирського транспорту має бути безпека та комфорт пасажирів, а також зручні маршрути та менші затрати часу на переїзд з одного місця до іншого.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Зміни в житті України призвели до значної модифікації структури потреб населення в перевезеннях і перебудові маршрутних систем більшості українських міст, яка найчастіше носила стихійний характер. У той же час прийняття рішень про зміну маршрутних систем являє собою складну науково-практичну задачу, що торкається інтересів великої кількості городян та має величезне соціальне й економічне значення. Питаннями ефективного та безперебійного функціонування міського пасажирського транспорту (МПТ) присвячені роботи відомих українських та російських вчених П.Ф. Горбачева, В. Х. Далека, В. В. Димченко, Ю. М. Косога, В. В. Костецького, В. М. Лисюка, М. Ю. Радченко та інших. Особлива увага щодо сприяння сталому розвитку МПТ приділяється з боку Європейської комісії, яка систематично розробляє та

©В.В.Біліченко

затверджує відповідні нормативні документи. Основними завданнями найбільш значимих проектів розвитку транспортної інфраструктури в сучасних містах, які розробляються і реалізуються в даний час, є [1]: радикальне підвищення транспортної доступності; зниження тиску на існуючу транспортну інфраструктуру за рахунок впровадження нових видів транспорту і систем управління транспортними потоками; покращення екологічної ситуації; забезпечення гармонійного розвитку міста та районів за рахунок транспортної системи.

Мета статі. Аналіз маршрутної мережі пасажирських перевезень у місті Вінниці, методів формування маршрутної мережі, змін мережі в процесі реалізації концепції розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень. Визначення перспектив розвитку маршрутної мережі.

Основні результати досліджень.

Орієнтуючись на результати 56-го Всесвітнього Конгресу Міжнародного Союзу громадського транспорту, що проходив в Римі в 2005 році і ухвалив фундаментальні основи ефективного вирішення проблеми функціонування і розвитку громадського транспорту, враховуючи недостатньо ефективне функціонування існуючої мережі пасажирського автомобільного транспорту необхідно здійснити всебічний перегляд хаотично сформованої функціонуючої маршрутної мережі. При цьому необхідно враховувати критерії ефективності пасажирських перевезень, що базується на концепції соціально – етичного маркетингу, який стосовно міського пасажирського транспорту полягає в наступному: пасажирів зацікавлені в отриманні послуг з необхідним рівнем комфортності перевезень, нижчій вартості та мінімальному часу пересування, власники транспорту піклуються відносно вищих грошових прибутків, а суспільство в цілому завжди стурбоване станом і збереженням навколишнього середовища в містах, забруднення якого у великих містах більше ніж на 50% створюється автомобільним транспортом

Для забезпечення системного підходу до вирішення задач по вдосконаленню перевезень пасажирів в м. Вінниця розроблено концепцію розвитку пасажирського автомобільного транспорту. Концепцію розроблено на основі нормативно правових актів, що регулюють перевезення пасажирів в Україні. В Концепції визначаються шляхи розв'язання проблем подальшого вдосконалення перевезень пасажирів, виходячи з нових завдань, що постали перед пасажирським транспортом в умовах поживлення і відновлення реального сектора економіки, потреби в якісному наданні послуг перевезення пасажирів на маршрутах загального користування юридичними та фізичними особами.

Мета концепції полягає в удосконаленні перевезень пасажирів у транспортній системі міста Вінниці із забезпеченням покращення організації, техніко-економічних показників та екологічної безпеки.

Маршрутна мережа пасажирських перевезень складається з певних типів маршрутів. Найбільш поширеною є класифікація маршрутів за організацією руху автобусів на маршруті та за розташуванням маршруту на території міста.

На нашу думку при формуванні маршрутної мережі важливе значення мають не тільки наведені вище ознаки класифікації маршрутів а і їх призначення в загальній схемі маршрутів.

Виходячи з наведеного пропонується наступна класифікація маршрутів за призначенням:

- магістральні (основні) маршрути, які з'єднують великі пасажироутворюючі пункти зі сталим пасажиропотоком і проходять по вулично-дорожній мережі міста, що дозволяє безперешкодний рух автобусів великої місткості. Ці маршрути утворюються, якщо пасажиропотік на них (обсяг перевезень пасажирів) є сталим і його величина встановлена згідно з методикою вивчення попиту населення на пасажирські перевезення дозволяє використовувати автобуси великої або середньої місткості з забезпеченням рекомендованих інтервалів руху;

- допоміжні (підвізні) маршрути – основним призначенням яких є перевезення пасажирів від пасажироутворюючих пунктів до магістральних (основних) маршрутів та маршрутів електротранспорту з метою забезпечення безперешкодного пересування пасажирів транспортною мережею міста. Ці маршрути в більшості випадків призначені для з'єднання районів з малою щільністю населення, переважно приватної забудови, з основними маршрутами;

- місцеві маршрути – перевезення пасажирів в межах окремих районів міста;

- маршрути підвищеного комфорту – які з'єднують окремі райони міста переважно з малою щільністю населення (райони приватної забудови) з основними пасажиропотоками транспортної

системи міста, культурними, освітніми закладами, закладами охорони здоров'я тощо. Такі маршрути доцільно організовувати по дорогах які не використовуються для організації основних маршрутів.

Режими руху транспортних засобів за маршрутами пасажирського транспорту встановлюються, базуючись на даних досліджень з врахуванням критерію ефективності міських пасажирських перевезень:

- магістральний (основний) маршрут – на цих маршрутах найбільш доцільно застосовувати звичайний та експресний режими руху;
- допоміжні (підвізні) маршрути, виходячи з необхідності перевезень пільгових категорій пасажирів та вирішення соціальних задач доцільно застосовувати звичайний режим руху;
- місцеві маршрути та маршрути підвищеного комфорту – ефективнішим є режим маршрутного таксі.

Згідно з існуючими рекомендаціями тип транспортного засобу залежить, в першу чергу, від обсягу перевезень на маршруті та його довжини.

Базуючись на даних дослідження можна стверджувати, що ефективними транспортними засобами будуть:

- на магістральних та допоміжних маршрутах - автобуси великої та середньої місткості;
- на маршрутах підвищеного комфорту та місцевих маршрутах - автобуси середньої місткості та мікроавтобуси.

Аналіз методів організації міських пасажирських перевезень показує, що процеси розглядаються, як правило, на кожному виді транспорту ізольовано, без урахування координації їх роботи. Неадекватність стратегій управління взаємодією транспортних систем призводить до зниження рівня транспортного обслуговування населення та неминучих економічних збитків, як на кожному виді транспорту, так і на транспортних підприємствах. Тому однією з важливих проблем постає створення методів координованих перевезень пасажирів у міському сполученні з урахуванням взаємодії різних видів транспорту.

Можна виділити три основних способи до формування структури маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах: емпіричний, евристичний та математична оптимізація. Перший спосіб обмежений за кількістю альтернативних варіантів мережі, які можуть бути оцінені за розумний час. Додавання засобів інтерактивної графіки до системного аналізу значною мірою збагачує розробку й оцінку мереж. Можна перевірити значно більше мереж за значно менший час. Однак при цьому способі проявляється тенденція зсуву до існуючої мережі, і тому нетрадиційні рішення не можуть бути досліджені. Більше того, немає гарантії, що будуть знайдені рішення, близькі до оптимального. На противагу цьому способу, математична оптимізація, що базується на лінійному програмуванні або загальному цілочисельному програмуванні, приведе до побудови оптимальної мережі, за заданих обмежень, і не буде зміщатися до існуючої мережі.

Математична оптимізація дає найкращий результат при побудові або проектуванні нових мереж пасажирських перевезень, або при вдосконаленні мереж які можуть бути змінені повністю. Однак в умовах коли маршрутна мережа не може бути змінена повністю результати математичної оптимізації не можуть бути реалізовані в повному обсязі, що призводить до отримання результату який важко оцінити. Неможливість або недоцільність повної зміни маршрутної мережі може бути обумовлена, в першу чергу, наявністю маршрутів електротранспорту зміна або ліквідація яких недоцільна з економічної точки зору.

Евристичні способи «наводять міст» над розривом між системним аналізом за допомогою засобів інтерактивної графіки і способами математичної оптимізації. В евристичних способах використовуються систематичні процедури для формування й удосконалення маршрутної мережі. Складність проблеми в цілому скорочується за рахунок її розділення на окремі компоненти. У рамках кожного компонента можливо отримати гарне, а іноді й оптимальне рішення. Складність і вимоги до обчислювальної потужності ще більше скорочуються за рахунок обмеження кількості взаємодій між компонентами. Хоча евристичні способи не гарантують одержання оптимальної мережі, але початкові умови й інші параметри можна змінювати так, щоб збільшити шанси на те, що реальний оптимум, який міг бути отриманий за допомогою математичної оптимізації, був включений у діапазон розглянутих мереж.

При вдосконаленні маршрутної мережі пасажирського автомобільного транспорту м. Вінниця використано евристичний алгоритм [3] який дозволив врахувати існуючу мережу трамвайних та тролейбусних маршрутів та можливі зміни цієї мережі. Розробка рекомендацій по вдосконаленню маршрутної мережі базувалась на результатах вивчення попиту населення на пасажирські перевезення, який попередньо був проведений. Визначення обсягів перевезень на різних маршрутах, показників роботи рухомого складу на маршрутах проводилось табличним методом згідно з методикою вивчення попиту населення на пасажирські перевезення затвердженою наказом міністерства транспорту України. Обробка результатів проводилась по спеціально розробленій програмі [4]. Визначення кількості та пасажиромісткості автобусів на маршрутах проводилось по спеціально розроблених програмах [5.6].

До 23 лютого 2012 р. перевезення пасажирів в місті Вінниця здійснювались на 15 тролейбусних маршрутах та 5 трамвайних маршрутах, 47 автобусних маршрутах: з них 9 – в звичайному режимі руху, 38 – в режимі руху маршрутного таксі. При цьому на маршрутах перевезень щоденно працювало 62 трамвая, 93 тролейбуса, 461 автобус: з них 14 – великої пасажиромісткості, 91 – середньої пасажиромісткості, 356 – малої пасажиромісткості.

В результаті проведених досліджень, базуючись на наведених вище принципах було розроблено і впроваджено вдосконалену маршрутну мережу яка складається з 15 тролейбусних маршрутів, 6 трамвайних маршрутах, 47 автобусних маршрутах: з них 9 – в звичайному режимі руху, 6 – в експресному режимі, 28 – в режимі руху маршрутного таксі. Кількість транспортних засобів на маршрутах перевезень становить: трамваїв – 79, тролейбусів – 111, автобусів 311, з них в звичайному режимі – 23, в експресному режимі – 32, маршрутних таксі – 256.

Використання евристичного алгоритму формування маршрутної мережі дозволило врахувати: по перше - максимальне використання можливостей електротранспорту для перевезення пасажирів, по друге – реально існуючі на момент запровадження мережі можливості використання автобусів великої і середньої пасажиромісткості.

Порівняння запропонованої та попередньої маршрутної мережі проводилось за наступними показниками [6]:

Маршрутний коефіцієнт (K_M) характеризує розгалуженість маршрутної мережі – відношення суми довжин всіх маршрутів ($\sum L_{k-j}, м$), до суми довжин усіх вулиць і проїздів ($\sum L_{k-j}, вул.$), по яких проходять маршрути пасажирського транспорту:

$$K_M = \frac{\sum L_{k-j}, м}{\sum L_{k-j}, вул.} \quad (1)$$

Маршрутний коефіцієнт показує, скільки в середньому маршрутів проходить по кожній ділянці мережі, і характеризує зразкову кількість напрямків, в яких пасажир може їхати з кожної точки мережі. Чим він вищий, тим більше зручностей для пасажирів. Для добре розвиненої транспортної мережі міст він дорівнює $K_M = 2-3,5$, а для слаборозвиненої мережі $K_M = 1,2-1,3$.

Маршрутна транспортна мережа характеризується щільністю (δ), тобто насиченістю території міста лініями пасажирського маршрутного транспорту:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n L_{k-j}, вул.}{S_r} \cdot \left(\frac{K_M}{км^2} \right), \quad (2)$$

де S_r – площа міста, км².

Чим вище щільність мережі, тим менше витрати часу пасажирів на підхід до зупинок. Для великих міст $\delta = 2 - 2,5 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$, а для центральних районів міста $\delta = 5 - 7 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$.

Протяжність підходу до зупинок визначається:

$$l_{nx} = \frac{1}{3\delta} + \frac{l_{nep}}{4}, (\text{км}) \quad (3)$$

де l_{nep} – протяжність перегону, відстань між зупинними пунктами.

На підставі цього аналізу можна зробити такі висновки: для скорочення часу на підхід треба збільшувати (δ) і зменшувати (l_{nep}). Але треба врахувати, що збільшення (δ) дозволяє розосередити пасажиропотік, а зменшення (l_{nep}) – знизити швидкість руху автобуса і збільшити час доставки пасажирів до місця призначення.

Розгалуженість маршрутних схем міського пасажирського транспорту визначається коефіцієнтом (μ):

$$\mu = \frac{L_M}{L_C}, \quad (4)$$

де L_M – сумарна протяжність маршрутів міського транспорту, км;

L_C – протяжність маршруту одного виду транспорту.

Розгалуженість μ повинна знаходитись в межах 2-4. При значеннях $\mu > 4$ – дуже велика розгалуженість і низька насиченість транспортними засобами. При значеннях $\mu < 2$ – погано поєднані маршрути, погана взаємодія різних видів транспорту.

Аналіз результатів вдосконалення маршрутної мережі міста Вінниці в розрізі наведених показників представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники маршрутної мережі

Показник	Маршрутна мережа	
	Вдосконалена	До вдосконалення
Маршрутний коефіцієнт	3,37	4,8
Щільність мережі	1,73	1,75
Протяжність підходу до зупинки	0,246	0,248
Розгалуженість маршрутних схем:		
автобусних маршрутів	5,3	8,2
трамвайних маршрутів	12,7	12,7
тролейбусних маршрутів	4,3	4,3
маршрутів ТЗ в режимі маршрутного таксі	2	2,8

На основі даних наведених в табл. 1 можна зробити наступні висновки: маршрутний коефіцієнт вдосконаленої мережі, на відміну від попередньої, входить в рекомендовані межі; щільність маршрутної мережі та протяжність підходу до зупинки майже не змінилися; деяких змін зазнала розгалуженість маршрутних схем – довжина трамвайних і троллейбусних маршрутів не змінилася, автобусних маршрутів побільшало, збільшилась розгалуженість маршрутів транспортних засобів в режимі маршрутного таксі.

Подальше вдосконалення маршрутної мережі пасажирських перевезень у місті Вінниця у відповідності з розробленою концепцією доцільно проводити за рахунок збільшення кількості

маршрутів на яких передбачається використання автобусів великої пасажиромісткості а також оновлення парку тролейбусів та збільшення їх кількості.

Висновки. При розробці маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах доцільно розглядати класифікацію маршрутів за їх місцем в маршрутній мережі. Вирішенню питань вдосконалення маршрутної мережі повинна передувати розробка концепції розвитку пасажирських перевезень. При вирішенні задачі маршрутизації МПТ доцільно застосувати евристичний алгоритм, який з допомогою математичного моделювання процесу перевезення пасажирів в містах, дозволяє отримати раціональний варіант маршрутної мережі з урахуванням наявності транспортних засобів та можливостей їх оновлення. Запровадження вдосконаленої маршрутної мережі в місті Вінниця дозволило підвищити обсяги перевезень пасажирів електротранспортом, зменшити кількість автобусів на маршрутах на 15% при цьому покращити основні показники маршрутної мережі, якість перевезення пасажирів.

1. Амоша О. І. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту [Електронний ресурс] / О. І. Амоша, О. С. Філіппова // Економіка будівництва і міського господарства. – 2010. – Том 6. № 4. Режим доступу до журн.: www.nbuv.gov.ua/portal/Soc.../st-02.pdf.
2. Біліченко В.В. Аналіз та обґрунтування методів формування маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах / В. В. Біліченко, О. В. Расновський // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей. – Вінниця. – 2013. – С. 164-165
3. Біліченко В.А.В. Комп'ютерна програма. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи кільцевого маршруту пасажирського автомобільного транспорту на основі результатів вивчення попиту населення на перевезення. Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір №51636. - Київ: Державна служба інтелектуальної власності України. - Дата реєстрації: 09.10.2013 Цимбал С.В.
4. Біліченко В. В. «Оптимізація розвитку маршрутної мережі шляхом вибору раціональної кількості і пасажиромісткості автобусів при одночасному використанні різних режимів руху» / В. В. Біліченко, С. О. Романюк // Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 37394. – Київ : МОНУ. Державний департамент інтелектуальної власності. – Дата реєстрації : 16.03.2011.
5. Біліченко В. В. Комп'ютерна програма «Підвищення ефективності функціонування виробничої системи міських пасажирських автобусних перевезень шляхом оптимізації кількості та пасажиромісткості автобусів на маршруті» / В. В. Біліченко, С. О. Романюк // Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 37778. – Київ : МОНУ. Державний департамент інтелектуальної власності. – Дата реєстрації : 05.04.2011.
6. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення / М. Г. Босняк. – К. : Видавничий дім «Слово», 2009. – 272

Стаття надійшла до редакції 01.05.2014

УДК. 629.1.05

В.І.Бодак

**Луцький держаний технічний університет
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ GPS МОНІТОРИНГА ПРИ ЗДІЙСНЕННІ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У М. ЛУЦЬК**

В статті висвітлено основні цілі встановлення системи GPS, проаналізовано позитивні та негативні сторони впровадження системи GPS-контролю пасажирських перевезень. Розроблено авторські висновки щодо модернізації пасажирських перевезень у м. Луцьк.

Ключові слова: система GPS, навігація, пасажирські перевезення, моніторинг перевезень.

Літ 3.

В.И.Бодак

**ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ GPS МОНИТОРИНГА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ
ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В Г. ЛУЦК**

В статье отражены основные цели установления системы GPS, проанализированы положительные и отрицательные стороны внедрения системы GPS-контроля пассажирских перевозок. Разработаны авторские выводы по модернизации пассажирских перевозок в г. Луцк.

Ключевые слова: система GPS, навигация, пассажирские перевозки, мониторинг перевозок.

V.Bodak

**IMPLEMENTATION OF GPS MONITORING AT REALIZATION OF PASSENGER
TRANSPORTATION IN LUTSK**

The paper highlights the main objectives of installation GPS, analyzes the positive and negative aspects of the implementation of the GPS control of passenger transportation. Developed author's conclusions on the modernization of passenger transportation in Lutsk.

Key words: system GPS, navigation, passenger transportation, traffic monitoring.

Супутниковий моніторинг транспорту - система моніторингу рухомих об'єктів , побудована на основі систем супутникової навігації, обладнання та технологій стільникового та радіозв'язку, обчислювальної техніки та цифрових карт. Як синонім використовується також термін "Трекінг транспорту" (від англ. Tracking - слідування) [1]. Супутниковий моніторинг транспорту використовується для вирішення завдань транспортної логістики в системах управління перевезеннями і автоматизованих системах управління автопарком. Система GPS дозволяє визначити місце розташування в будь-якій точці на суші, на морі і в навколоремному просторі.

Принцип роботи полягає у відстеженні і аналізі просторових і часових координат транспортного засобу. Існує два варіанти моніторингу : online - з дистанційною передачею координатної інформації та offline - інформація зчитується по прибуттю на диспетчерський пункт.

На транспортному засобі встановлюється мобільний модуль, що складається з наступних частин: приймач супутникових сигналів, модулі зберігання та передачі координатних даних. Програмне забезпечення мобільного модуля отримує координатні дані від приймача сигналів , записує їх в модуль зберігання і по можливості передає на диспетчерський пункт за допомогою модуля передачі .

Модуль передачі дозволяє передавати дані, використовуючи бездротові мережі операторів мобільного зв'язку. Отримані дані аналізуються і видаються диспетчеру в текстовому вигляді або з використанням картографічної інформації.

Основними проблемами приватних і державних перевізників пасажирів є: недотримання графіків руху транспорту, труднощі при визначенні точного числа перевезених пасажирів , спотворена картина руху автотранспорту. Головні показники ефективної роботи - це безпека, пунктуальність і швидке перевезення пасажирів.

Завдяки системі GPS- моніторингу транспорту GPS Transport Control, з'явилася можливість виробляти комп'ютерну диспетчеризацію, контролювати режим швидкості, домогтися точного проміжку прямування, оптимізувати маршрути і вести спостереження за витратою палива, запобігаючи розкрадання, тим самим заощаджуючи кошти. Для перевізників пасажирів контроль кількості перевезених пасажирів є чинником номер один.

©**В.І.Бодак**

Система дозволяє відстежити точний маршрут пересування, а також швидкості на певних ділянках, час поїздки і точки зупинок, обсяг заправок паливом, дозволить визначити фактичну витрату за допомогою датчика рівня палива. Диспетчер в даних системах відіграє роль головної ланки, яка управляє і контролює весь автопарк, а не просто відстежує рух точок на своїх моніторах.

Обладнання GPS - моніторингу "GPS Transport Control" поєднує в собі: GPS , функцію охорони, голосовий зв'язок, обмін повідомленнями, контроль палива.

У чому ефективність системи GPS- моніторингу транспорту GPS Transport Control [2]?

- у спрощенні планування та оптимізації маршрутів;
- у високоякісному обслуговуванні;
- у підвищенні лояльності пасажирів;
- у підвищенні безпеки пасажирів та водіїв, а також транспортних засобів;
- у припиненні розкрадання палива;
- в зниженні витрат з обслуговування транспортних засобів;
- у збільшенні експлуатаційного терміну транспортних засобів;
- у збільшенні конкурентоспроможності та підвищенні прибутку;
- у доступі до аналітичної інформації та звітів;
- надається можливість об'єднання окремих маршрутів в єдину систему.

Згідно рішення виконавчого комітету Луцької міської ради від 24.10.12 року обов'язковою умовою на участь в конкурсі на перевезення пасажирів було обладнання транспортних засобів системою GPS-навігації, сумісною з системою МАК.

У Луцькій міськраді 19 березня 2013 року презентували систему диспетчеризації руху пасажирського транспорту із використанням системи GPS-навігації. Системами GPS були обладнані всі маршрутні таксі в місті та під'єднані до загальної системи моніторингу. Основною метою було дотримання контролю за графіками руху транспорту [3].

Лучани часто нарікали на невиконання перших та останніх рейсів, на те, що маршрутки не доїжджають до окремих кінцевих зупинок. Саме тому міська влада й підняла питання про потребу запровадження GPS-моніторингу за роботою пасажирських транспортних засобів. Як відомо, у 2010 році мерія провела конкурс на визначення суб'єкта господарювання для виконання функцій з організації та управління рухом автобусів і підготовки інформації про роботу перевізників на автобусних маршрутах загального користування із використанням GPS-навігації. Тендер виграло луцьке підприємство «Візор».

У «Візорі» власну розробку називають МАК – мультимедійний автоматизований комплекс. Вона покликана забезпечити заданий інтервал руху автобусів та максимальний рівень безпеки пасажирів. Система є відкритою, тобто кожен пасажир, маючи доступ до інтернету, може відслідковувати рух автобусів в режимі реального часу. Для цього треба зайти на веб-сторінку МАК – <http://mak.lutsk.ua/guest>, де можна детально познайомитися з реальним рухом транспорту. Організатор перевезень МАК дає щоденні електронні звіти про дотримання перевізниками графіків руху; звіти про кількість автобусів, які працюють на кожному маршруті (автобуси ідентифікуються за реєстраційними номерними знаками); можливість відтворення історії руху кожного автобуса на мапі за будь-який день роботи і за будь-який час, що дозволить виконання сторонами умов договорів на перевезення. Наступним етапом було оголошення зупинок. До 1 червня 2013 року, перевізники разом з «Візором» вирішили це питання. У перспективі також планується модуль оплати проїзду карткою і розміщення на зупинках моніторів, на яких люди зможуть бачити, як рухається громадський транспорт.

У Луцьку функціонує 32 автобусні маршрути працює приблизно 250 автобусів.

Начальник управління транспорту та зв'язку Луцької міської ради Миронюк А.К. заявив про небажання перевізників долучитися до централізованого управління перевезень, оскільки фінансові витрати на придбання та обслуговування GPS поклали на перевізників. Він також повідомив що з цими автотранспортними підприємствами будуть розривати існуючі договори на перевезення і оголошуватимуть новий конкурс.

Основними завданнями при здійсненні пасажирських перевезень є безпека руху, дотримання графіку руху, швидка доставка пасажирів.

Завдяки системі GPS-моніторингу транспорту з'явилася можливість проводити комп'ютерну диспетчеризацію, контролювати режим швидкості, домогтися точного проміжку між рухом автобусів, вести спостереження за витратою палива, запобігаючи розкраданням, тим самим заощаджуючи кошти.

З вище перелічених завдань, GPS на практиці повноцінно здійснюють лише комп'ютерну диспетчеризацію. Міський режим роботи врегульовує швидкість руху транспортних засобів. Тобто розвинути швидкість руху по міському маршруті більше 50 км/год неможливо.

Інтервали між рухом автобусів зафіксували чітким графіком. Коли з'їжджає з лінії автобус, який потребує ремонту, резервний з багатьох причин вчасно не випускається, а інтервал між рухом суміжних автобусів збільшується вдвічі. Коли не було системи GPS, водії могли в ручному режимі, коректувати графік руху та не допускати збільшення інтервалу. Після встановлення GPS, водій не може ліквідувати збільшений інтервал, оскільки зобов'язаний рухатися чітко по графіку, а його рух зберігається в диспетчерському центрі руху міста. За висновками вказаного центру визначається виконання плану перевезень пасажирів перевізником, тобто ефективність його роботи.

Позитивним фактом роботи GPS є те, що перевізника можливо проконтролювати в здійсненні першого та останнього рейсів, які є нерентабельними із-за малої кількості пасажирів.

Вести спостереження за витратою палива за допомогою GPS контролю перевізнику немає змісту так як фактів розкрадання палива водієм немає. На практиці зарплата водія напряму залежить від витрат пального. Чим менша витрата палива, тим вища зарплата водія.

Отже, зі встановлення GPS систем, стало легко контролювати роботу перевізника, але для пасажирів ці покращення є незначними. Крім цього, слід відмітити, що GPS підвищує собівартість перевезень. Ціна одного комплексу (GPS-трекер, підсилювач, динамік) коштує 2500 гривень, абонентна плата становить щомісяця 100 грн з одного автобуса.

В Луцькій міській раді вже заявили про чергову модернізацію пасажирських перевезень за кошти перевізників: введення електронних квитків та терміналів для їх продажу. Дану модернізацію, на нашу думку, варто здійснювати тільки при фінансовому достатку суспільства.

На сьогоднішній день при постійному рості цін на дизпаливо, запасні частини, збільшенні податків продовжувати модернізацію міських пасажирських перевезень є недоцільним оскільки, на практиці, це призводить до збільшення вартості проїзду, при цьому якість перевезення пасажирів не змінюється.

1. Спутниковий моніторинг транспорту [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki>
2. GPS Transport control [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://gps-transport.com/otraslevyeresheniya/gorodskoj-passazhirskij-transport/>
3. Дочекалися GPS: як їздять усі луцькі маршрутки тепер можна бачити в інтернеті [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.volynpost.com/news/12518-dochekalysia-gps-iak-izdiat-usi-lucki-marshrutky-teper-mozhna-bachyty-v-interneti>

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014

УДК 539.375

В.В.Божидарнік, В.М.Садівський

Луцький національний технічний університет

**ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ВИКЛИКАЮТЬ ЛОКАЛЬНЕ
РУЙНУВАННЯ ПОБЛИЗУ ВЕРШИН ГОСТРОКІНЦЕВИХ ВИРІЗІВ В АНІЗОТРОПНИХ
ПЛАСТИНАХ**

Розглядається задача про граничну рівновагу анізотропної пластини, що ослаблена початково розкритою тріщиною. Пластина розтягається на безконечності монотонно зростаючими зусиллями. Матеріал пластини має в кожній точці при взаємно перпендикулярній площини пружної і міцнісної симетрії. Визначається граничне навантаження, що викликає початковий ріст тріщини, а також напрямок початкового поширення тріщини.

Ключові слова: анізотропія, гранична рівновага, напружено-деформований стан.

Форм 4. Літ 25.

В.В. Божидарник, В.М. Садивский

**О ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОГРАНИЧНЫХ НАГРУЗОК, КОТОРЫЕ ВЫЗОВУТ
ЛОКАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ВБЛИЗИ ВЕРШИНЫ ОСТРОКОНЕЧНЫХ ВЫРЕЗОВ В
АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИНАХ**

Рассматривается задача о предельном равновесии анизотропной пластины, которая ослаблена первоначально раскрытой трещиной. Пластина растягивается до бесконечности монотонно растущими усилиями. Материал пластины имеет в каждой точке при взаимно перпендикулярной плоскости упругой и прочностной симметрии. Определяется предельная нагрузка, вызывающая начальный рост трещины, а также направление первоначального распространения трещины.

Ключевые слова: анизотропия, предельное равновесие, напряженно-деформированное состояние.

V.Bozhidarnik, V.Sadivsky

**DETERMINATION OF THE MAXIMUM LOAD, PERFORMING LOCAL
DESTRUCTION NEAR THE PEAKS OF POINTED INCLUSIONS IN ISOTROPIC PLATE**

The task is examined about the border balance of anisotropic plate, broken originally with a crack. A plate stretches droningly to endlessness with increasing effort. Material of plate has three mutually perpendicular planes of resilient and strengthen symmetry in every point. Maximum effort is determined for initial growth of a crack and the direction of initial distribution of the crack.

An isotropic plate is examined which contains the resilient curvilinear inclusion with return points on the contour and stretches on endlessness mutually perpendicular droningly increasing efforts. The efforts for a crack near the return points are examined. Possibility of usage the methods of destruction mechanics is estimated to the calculation of fragile durability of compositions, consisting of matrix and pointed inclusion with other resilient properties.

Keywords: anisotropy, limit equilibrium, the stress-strain state.

Постановка проблеми.

На короткочасну і тривалу міцність композиційних матеріалів, що працюють в різних умовах навантаження, суттєвий вплив в першу чергу виявляють різного роду дефекти структури, такі як розриви волокон і розрихлення матриці, неповне зчеплення між матрицею і волокнами, поверхневі дефекти (подряпини, вм'ятини), а також спеціально створені концентратори напружень: отвори, вирізи, болтові з'єднання і т.д. Багато композиційних матеріалів і, зокрема, склотекстоліти, руйнуються крихко, тобто шляхом поширення тріщини. Причиною руйнування композиційних матеріалів також може бути неузгодженість фізико – хімічних і хімічних властивостей складових, що можуть привести до порушення адгезії, розшарування, появу тріщин, зон перед руйнування і т.д.

Оскільки добитися повної сумісності всіх компонентів композиційного матеріалу практично неможливо, оскільки неможливо створити абсолютно бездефектну матрицю чи волокна, то стає досить актуальним вести розрахунок на міцність композиційних матеріалів з позицій механіки крихкого руйнування.

Для успішного розв'язку таких задач необхідно володіти більш повними і точними відомостями про деформативні і міцнісні властивості композитів у реальних умовах їх експлуатацій: вплив статичних і циклічних навантажень, температурного поля, агресивних середовищ і т.д.

©В.В.Божидарнік, В.М.Садівський

Надалі при створенні нових композиційних матеріалів необхідно прагнути до того, щоб поряд з високою міцністю, тріщиностійкістю і більшим опором на зсув у трансверсальному напрямку вони мали також узгодженість полів напружень і деформацій із фізико-хімічними характеристиками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Основну роль у процесі, що передуює руйнуванню, відіграє напружено-деформований стан в околі кутової точки (вершини) тріщини [1-5]. Поле напружень, що виникає в зоні вершини тріщини в однорідному ізотропному тілі, може бути виражене через зовнішнє навантаження, конфігурацію тіла і форму тріщини [1-5]. Розрахунок міцності анізотропних тіл з тріщинами за співвідношеннями механіки руйнування для ізотропного тіла в більшості випадків дає результати із великими похибками. В наявних оглядах по механіці руйнування руйнуванню анізотропних тіл з тріщинами присвячені тільки окремі абзаци, хоч такі дослідження представляють значний науковий і практичний інтерес в зв'язку із зростаючим застосуванням анізотропних матеріалів у народному господарстві. Для дальшого наближення розрахункової моделі до реальної у випадку матеріалів, які мають анізотропію пружних властивостей, розв'язувались задачі механіки руйнування для анізотропних тіл з тріщинами. При цьому використовувались методи теорії пружності анізотропного тіла, що розвинуті в роботі [6] і інших. Задача про прямолінійну тріщину-розріз у анізотропному середовищі вперше розглянута Стро [8] з допомогою енергетичного підходу. Підраховувалась енергія, що зв'язана з утворенням тріщини, досліджувалось поле напружень біля вершини тріщини. Однак, у зв'язку із складністю запропонованого підходу, у роботі не вдалось отримати кінцевий розв'язок задачі у явному вигляді. Енг і Вільямс [9] досліджували циліндричний згин і розтяг ортотропної пластини із тріщиною, розміщеною вздовж одного із головних напрямків пружності матеріалу. Зроблені висновки про вплив орторопії матеріалу на розподіл напружень в області вершини тріщини. Зазначимо, що отримані вирази для напружень мають досить громіздкий вигляд і спрощуються лише для площадок, нормалі до яких співпадають з осями центральної системи координат. Г. І. Баренблат і Г. П. Черепанов [10] розглядали задачу про рівновагу ізольованої прямолінійної тріщини, що співпадає із осями пружної симетрії в ортотропному тілі. Досліджувалось також розклинювання тріщин тонким абсолютно жорстким безконечним клином із врахуванням сил кулонового тертя, зроблений важливий висновок про те, що модуль зчеплення (в'язкість руйнування) ортотропного тіла залежить від орієнтації тріщини відносно головних напрямків пружності матеріалу. Е. П. Фельдман [11] досліджував питання про поширення тонкої напівбезконечної тріщини, паралельної границям анізотропної смуги скінченної ширини при зростанні зовнішнього навантаження, що прикладене до берегів тріщини. Показано, що при постійній зміні зовнішнього навантаження тріщина видовжується до деякого критичного значення, після чого відбувається миттєвий розрив смуги. Л.В.Гриліцький, Р. М. Луцишин [12] досліджували пружну рівновагу анізотропної пластини із впаєюю круговою ізотропною шайбою і дугоподібною тріщиною-розрізом на лінії спаю під дією розтягуючих зусиль у безконечно віддалених точках пластини. Детально розглянуто випадок ортотропної пластини із абсолютно жорсткою круговою шайбою і розрізом вздовж лінії спаю.

Локальний розподіл напружень і переміщень поблизу тріщини в анізотропному тілі, що має у кожній точці площину пружної симетрії, вивчення швидкостей вивільнення пружної енергії і інші питання у найбільш загальному вигляді приведені у роботі Сі, Паріса, Ірвіна [13]. Зміна пружної енергії при просуванні тріщини знаходилась на її продовженні, тому обчислення критичного навантаження по цих результатах можливе тільки у деяких часткових випадках, оскільки поширення тріщини в анізотропному тілі не завжди співпадає з її початковим розміщенням навіть при навантаженні, нормальному до берегів тріщини. В роботі не проводились обчислення, які могли б характеризувати вплив анізотропії пружних властивостей матеріалу на локальний розподіл біля вершини тріщини. Такі обчислення і висновки для тріщини, розміщеної під деяким кутом до осей пружної симетрії в ортотропному матеріалі, проведені у [14,15]. Суттєвим результатом робіт [5,13] є співвідношення, що дозволяють знаходити коефіцієнти інтенсивності напружень за одним відомим комплексним потенціалом напружень. В цих роботах досліджувався вплив анізотропії для тіл, краї яких достатньо віддалені від берегів тріщини.

Для практики представляє значний інтерес питання про те, як враховувати розміри виробу, а також питання про вплив анізотропії пружних властивостей матеріалу на напружено-

деформований стан обмеженого анізотропного тіла з тріщиною. Такі дослідження проводились авторами робіт [16,17]. Ганді [18] досліджував вплив орієнтації головних осей ортотропії матеріалу на коефіцієнти інтенсивності напружень біля прямолінійної тріщини, розміщеної під кутом до головних осей пружної симетрії в ортотропній смузі. А.І. Зобнін, Е.В. Ломакін [16] вивчали можливість використання коефіцієнтів інтенсивності в ізотропному тілі при обчисленні аналогічних величин в ортотропній смузі з прямолінійною тріщиною. Вони показали можливість застосування ізотропного К-тарифування навіть для сильно анізотропних матеріалів (деревина, вуглепластик).

Вище приведені роботи дали можливість значно покращити і спростити розрахункову модель для анізотропного матеріалу.

Невирішені частини проблеми.

Для оптимального використання ортотропних матеріалів у конструкціях необхідно мати методи оцінки несучої здатності елементів цих конструкцій із врахуванням ортотропії і дефектності матеріалу, оскільки звичайні методи розрахунку, що використовуються при оцінці міцності твердих тіл, в багатьох випадках виявляються грубими і незастосовними для аналізу і розрахунку суттєво ортотропних високоміцних структур. Анізотропію механічних властивостей матеріалу необхідно також врахувати при розрахунку несучої здатності виробів, виготовлених шляхом механічної обробки матеріалу (пресуванням, штампуванням, і. т. д) і деталей, що мають конструктивну анізотропію.

Метою роботи є визначення граничності навантаження, що викликає локальне руйнування анізотропної пластини з гострокінцевим вирізом.

Основні результати дослідження.

Розглянемо задачу про визначення граничної рівноваги анізотропної пластини, що містить розкриту тріщину довжини $2l$ і підлягає дії монотонно зростаючого навантаження на нескінченності. Обмежимося класом матеріалів, що мають у кожній точці три взаємно перпендикулярних площини пружної і міцнісної симетрії.

Для знаходження граничного навантаження, що викликає локальне руйнування ортотропної пластини з тріщиною, використаємо представлення [19,20], попередньо перетворивши їх у відповідності із руйнуванням ортотропних матеріалів. В принципі, ці критеріальні співвідношення також можна було б рекомендувати для оцінки початку поширення тріщини, що міститься в анізотропній пластині. Однак тут задача ускладнюється тим, що для значної більшості анізотропних матеріалів права частина залежить від кута β між заданим напрямком і напрямком мінімального опору матеріалу поширенню в ньому тріщини. Для матеріалів із пружною і міцнісною ортотропією кут початкового напрямку поширення тріщини і граничне навантаження визначаємо із співвідношень

$$\left[\frac{\sigma_{\alpha\alpha}^2}{E^2} - \frac{\sigma_{\alpha\beta}^2}{E^2} - \frac{\sigma_{\beta\beta}^2}{E^2} + \frac{\sigma_{\alpha\alpha}\sigma_{\beta\beta}}{E^2} - \frac{\sigma_{\alpha\alpha}\sigma_{\beta\beta}}{E^2} \right] \leq \dots \quad (1)$$

$$\left[\frac{\sigma_{\alpha\alpha}^2}{E^2} - \frac{\sigma_{\alpha\beta}^2}{E^2} - \frac{\sigma_{\beta\beta}^2}{E^2} + \frac{\sigma_{\alpha\alpha}\sigma_{\beta\beta}}{E^2} - \frac{\sigma_{\alpha\alpha}\sigma_{\beta\beta}}{E^2} \right] \leq \dots \quad (2)$$

$$(\beta = \theta + \varphi),$$

де α – кут нахилу зовнішнього навантаження до осі локальної системи координат; φ – кут нахилу тріщини до напрямку мінімального опору матеріалу тріщини (в нашому випадку він співпадає із напрямком максимальної жорсткості матеріалу). Слідуючи [21], ортотропні матеріали можна розділити на три групи за характером залежності модуля пружності і границі міцності від вибраного напрямку відносно головних осей матеріалу:

- 1) з випуклою кривою, 2) з монотонно спадаючою кривою, 3) із ввігнутою кривою.

На основі аналізу залежності границі міцності від орієнтації відносно головних осей пружності вираз для опору матеріалу поширенню тріщини представили так



$$\dots \quad (3)$$

Для матеріалів другої групи у роботах [4, 5] запропонований вираз

©В.В.Божидарнік, В.М.Садівський

$$\left[\frac{K(\beta)}{K(0^\circ)} \right] = \left[\frac{K(\beta)}{K(90^\circ)} \right] \quad (4)$$

Де $K(0^\circ)$, $K(45^\circ)$, $K(90^\circ)$ – опір матеріалу поширенню тріщини (визначається із експерименту), при кутах $\beta = 0, 45, 90$.

Відмітимо, що характер запропонованої залежності опору сильно анізотропного матеріалу поширенню в ньому тріщини від кута β (співвідношення (3)) дає краще узгодження із наявними експериментальними даними, ніж (4). Деяким його недоліком є необхідність визначення трьох експериментальних величин $K(0^\circ)$, $K(45^\circ)$, $K(90^\circ)$ в порівнянні із двома $K(0^\circ)$, $K(90^\circ)$ у (4). Кінцевий вигляд функції $K(\beta)$ повинен визначатись відповідними експериментальними результатами. На даному етапі, коли вивчення залежності K від β тільки починається, співвідношення типу (3), (4) можуть служити лише для якісної оцінки міцності розглядуваного класу анізотропних конструкційних матеріалів.

Із (2) можна визначити граничне навантаження, необхідне для того, щоб привести тріщину у стан граничної рівноваги. Для визначення границь, в яких можлива заміна анізотропної лівої частини (2) на ізотропну, а також для можливості заміни правої частини (2) постійною величиною, нами проведені обчислення у випадках, коли:

- а) матеріал пластини анізотропний по пружних і міцнісних властивостях;
- б) матеріал пластини анізотропний по пружних властивостях і анізотропний по міцнісних;
- в) матеріал пластини анізотропний по пружних і ізотропний по міцнісних властивостях.

Із результатів обчислень випливає, що для ортотропних матеріалів при $\sqrt{\frac{E_x}{E_y}} \leq 2$

симетрична частина напруження σ_θ досягає максимального значення при $\theta = 0^\circ$. Із результатів обчислень по співвідношенню (3) можна зробити висновок, що для близьких між собою значень $K(45^\circ)$ і $K(0^\circ)$, (тобто для сильно ортотропних матеріалів) існує проміжок кута β , для якого вираз $K(\beta)$ практично постійний і тоді співвідношення для ізотропних пластин значно спрощується.

Встановлено, що при $\sqrt{\frac{E_x}{E_y}} > 4$ вираз для σ_θ у лівій частині (1), (2) повинен братись по

анізотропних формулах, оскільки ізотропне значення σ_θ приводить до значних похибок.

Із обчислень граничного навантаження зроблено висновок, що при розтязі пластин перпендикулярно лінії, що проходить через вершини мало розкритої тріщини, незалежно від орієнтації тріщини відносно головних напрямків пружності матеріалу, тріщину можна вважати математичним розрізом нульового розкриття. При розтязі пластини під кутом до розкритої тріщини необхідно користуватись більш повним розв'язком, що враховує вплив анізотропії матеріалу і конфігурацію дефекту. Відмітимо, що вирази (1),(2) не враховують вклад дотичних напружень у розвиток руйнування, оскільки в напрямку, що визначається в (2), в анізотропній пластині з тріщиною, на відміну від ізотропної пластини, діє дотичне напруження.

Перспективи наступних досліджень.

Надалі для врахування вкладу дотичних напружень можливі дослідження критичного значення локальної енергії деформації, по досягненні якої почнеться зародження вторинної тріщини. Такі дослідження можна провести для різних випадків пружної і міцнісної анізотропії.

1. Панасюк В.В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. – Киев. Наукова думка, - 1968., - 246 с.
2. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упруго-пластического разрушения. – М.: Наука, 1974. - 416 с.
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1974. – Т.2. - 584 с.
4. Си, Парис, Эрдоган. Коэффициенты концентрации напряжений у вершины трещины при плоском растяжении и изгибе пластин. – Прикладная механика, 1962, сер. Е, 12. - С.101-108.

5. Черепанов Г.П., Кочаров Р.С., Соткилава О.В. Параболическое включение в упругой плоскости. – Труды Московск.горного ин-та, 1975. - С. 36-46.
6. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. Прочность, устойчивость, колебания. – М.: Наука, 1967.- 268 с.
7. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия конструкционных материалов. – Л.: Машиностроение, – 1968.- 268 с.
8. Stroh A.N. Dislocations and cracks in anisotropic elasticity. – Philosophical Magazine, 1958, t.3,30, p.625-646.
9. Энг Д.Д., Вильямс М.Л. Сложные напряжения в ортотропной пластине, имеющей конечную трещину. – Прикладная механика. , сер. Е. -1961, Т. 28, -3, с.58-66.
10. Баренблатт Т.И., Черепанов Г.П. О хрупких трещинах продольного сдвига. – Прикладная механика и математика. – 1961, Т.25., -6. - С.1110-1119.
11. Фельдман Э.П. Распространение трещин и двойников вдоль анизотропной полосы. – Журнал прикладной механики и технической физики. – 1967.-5. - С.134-139.
12. Грилицький Д.В., Луцишин Р.М. Пружна рівновага анізотропної пластинки з впаєюною ізотропною шайбою при наявності розрізу на спаї. – Вісник Львівськ.ун-ту, сер. механ.-матем. – 1969, -4 - С.70-78.
13. Sih G.C., Paris P.C., Irwin G.R. On cracks in rectilinearly anisotropic bodies. – Internat.journal of fracture mechanics. – 1965. t.1.p.189-203.
14. Ярема С.Я., Крестин Г.С. Распределение напряжений у вершины трещины в анизотропной пластине. – Физико-химическая механика материалов. – 1969. - Т.6. - С.714-719.
15. Cook T.S., Rau C.A. A critical review of anisotropic fracture mechanics. Prospects of fracture mechanics. -1974. – p.509-523.
16. Зобнин А.И., Ломакин Е.В. Центральная поперечная трещина в ортотропной упругой полосе. – Известия АН СССР. Механика твердого тела. – 1974. -1. – С.44-51.
17. Walsh P.P. Linear fracture mechanics in orthotropic materials. – Engineering fracture mechanics. – 1972. -3. p.533-541.
18. Gandhi K.R. Analysis of an inclined crack centrally placed in an orthotropic rectangular plate. Journal of strain analysis. – 1972. -3.p.157-162.
19. Бережницкий Л.Т., Труш И.И. К построению критерия хрупкого разрушения горных пород при двухосном напряженном состоянии. «Термические методы разрушения горных пород», Киев, «Наукова думка», 1972, 2, с. 89-92.
20. Бережницкий Л.Т., Панасюк В.В., Труш И.И. «О локальном разрушении хрупкого тела с остроконечными жесткими включениями». Проблемы прочности, 1973, 10, с. 8-11.
21. Каминский А.А. «Определение критических нагрузок, вызывающих развитие расширенных трещин». Прикладная механика, 1966, 2, 11, с.63-67.
22. Панасюк В.В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. Киев, «Наукова думка». 1968, 246 с.
23. Панасюк В.В., Бережницкий Л.Т. К вопросу о предельном равновесии пластин с острыми концентраторами напряжений. «Физико-химическая механика материалов, 1968, с. 10-15.
24. Ивлев Д.Д. О теории трещин квазихрупкого разрушения. «Журнал прикладной математики и технической физики», 1967, 6,с. 88-128.
25. Партон В.З., Морозов Е.И. «Механика упруго-пластического разрушения», Москва, «Наука», 1974, 416 с.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014

А.І.Бондаренко, М.П.Холодов, Є.С.Пелипенко, В.В.Кучков
Національний технічний інститут "Харківський політехнічний інститут
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ КОЛІСНИХ
ТРАКТОРІВ З МЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

В роботі наведена методика експериментального дослідження впливу законів натиснення на педаль гальма при русі з усіма та одним ведучим мостом дорогами з різним коефіцієнтом зчеплення, та варійованою силою тяги на яку на керованість та гальмівну ефективність тракторів ХТА-200 «Слобожанець», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrotрон X720, описано принцип дії приладів та апаратури, що використовувалися при випробуваннях. Основними з яких є мобільний вимірювальний комплекс, що розроблений кафедрою технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, та електронний динамометр. Описано принцип дії програми для візуалізації отриманих результатів з електронного динамометра.

Ключові слова: колісний трактор, гальмування, механічна трансмісія, експериментальне дослідження, прискорення.

Рис. 10. Літ. 11

А.И.Бондаренко, М.П.Холодов, Е.С.Пелипенко, В.В.Кучков,
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ
КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

В работе приведена методика экспериментального исследования влияния законов нажатия на педаль тормоза при движении со всеми и одним ведущим мостом дорогами с разным коэффициентом сцепления, и варьируемой силой тяги на крюке на управляемость и тормозную эффективность тракторов ХТА-200 «Слобожанец», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrotрон X720, описан принцип действия приборов и аппаратуры, которые использовались при испытаниях. Основными из которых являются мобильный измерительный комплекс, разработанный кафедрой технологии машиностроения и ремонта машин Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, и электронный динамометр. Описан принцип действия программы для визуализации полученных результатов с электронного динамометра.

Ключевые слова: колесный трактор, торможение, механическая трансмиссия, экспериментальное исследование, ускорение.

A.Bondarenko, M.Holodov, E.Pelipenko, V.Kychkov
EXPERIMENTAL RESEARCH OF PROCESS OF BRAKING OF THE WHEELED
TRACTORS WITH MECHANICAL TRANSMISSION

In work the resulted method of experimental research of influencing of laws of pressure on the pedal of brake at motion with all and one anchorman by a bridge by roads with a different coefficient of rolling friction, and varied tractive force, on a hook on dirigibility and brake efficiency of tractors of XTA-200 «Sloboganets», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrotрон X720, principle of action of devices and apparatus, which were used for the tests, is described. From which a mobile measuring complex that is developed by the department of technology of machine building and repair of machines of the Kharkiv national automobile and highway university, and electronic dynamometer, is basic. Principle of action of the program is described for visualization of the got results from an electronic dynamometer.

In work principle of determination is described in detail: braking distance and maximal deviation from the set trajectory of tractors of XTA-200 «Sloboganets», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrotрон X720 at braking with all and one anchorman by a bridge on the varied ranges of transmission on the roads with a different coefficient of rolling friction (dry asphalt, wet asphalt, snow), from maximally possible speed in the set external environments, with a subsequent step 10 km/hour in the side of diminishing, with force traction on a hook from 0 kN with a subsequent step 10 kN in the side of increase to the maximally possible value at the varied laws of pressure on the pedal of brake, and also determination of dependence of braking distance and maximal deviation from the set trajectory from initial velocity of braking, tractive forces on a hook, amount of anchorwomens of bridges and external environments (dry asphalt, wet asphalt, snow).

Keywords: wheeled tractor, braking, mechanical transmission, experimental research, acceleration.

Постановка проблеми. Результати теоретичного та експериментального дослідження, як правило, відрізняються один від одного. Похибка залежить від припущень, що вводяться при складанні математичних моделей, методики, за якою складається модель, чутливості датчиків, якості аналого-цифрового перетворювача та інших чинників. Більш достовірними, як правило, є результати, які отримані шляхом експериментальних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками при проведенні динамічних випробувань широкого поширення набуло використання акселерометрів [1 – 11].

©А.І.Бондаренко, М.П.Холодов, Є.С.Пелипенко, В.В.Кучков

З літератури [5] відомий мобільний вимірювальний комплекс, що розроблений на кафедрі технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ), який дає змогу проводити вимірювання величини поздовжніх, бокових і вертикальних прискорень у процесі випробувань мобільних машин, оцінювати їх аеродинамічні, тягово-швидкісні, гальмівні якості, керованість та стійкість, плавність руху та інше.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою даної роботи є експериментальне дослідження процесу гальмування колісних тракторів з механічною трансмісією при русі з усіма та одним ведучим мостом дорогами з різним коефіцієнтом зчеплення, та варійованою силою тяги на гаку при різноманітних законах натиснення на педаль гальма.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– розробити методику експериментального дослідження процесу гальмування колісних тракторів з механічною трансмісією;

– визначити прилади та апаратуру, що необхідні для випробувань.

Методика експериментального дослідження процесу гальмування

На достовірність результатів випробувань значною мірою впливає методика їх проведення, тобто вибір виду випробувань, оцінних критеріїв, умов і режимів проведення.

Умови проведення випробувань повинні відповідати умовам роботи тракторів при виконанні транспортних та польових робіт.

Об'єктом досліджень виступають трактори ХТА-200 «Слобожанець», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrottron X720 (рис. 1).



а



б



в

Рис. 1 – Об'єкти досліджень:

а – ХТА-200 «Слобожанець»; б – Case IH Magnum 255; в – Deutz-Fahr Agrottron X720.

Завдання випробувань полягають у визначенні:

– гальмівного шляху S_r та максимального відхилення від заданої траєкторії Δ_{\max} тракторів ХТА-200 «Слобожанець», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrottron X720 при гальмуванні з усіма

та одним ведучим мостом на різноманітних діапазонах трансмісії на дорогах з різним коефіцієнтом зчеплення (сухий асфальт, мокрий асфальт, сніг), з максимально можливою швидкістю V_{\max} в заданих умовах експлуатації, з подальшим кроком $\Delta V=10$ км/год в бік зменшення до $V=10$ км/год, з силою тяги на гаку від $P_{кр}=0$ кН з подальшим кроком $\Delta P_{кр}=10$ кН в бік збільшення до максимально можливого значення $P_{кр\max}$ при різноманітних законах натиснення на педаль гальма $h=f(t)$ (h – переміщення педалі гальма, t – час за який відбувається дане переміщення);

– залежності гальмівного шляху S_r та максимального відхилення від заданої траєкторії Δ_{\max} від початкової швидкості гальмування V , сили тяги на гаку $P_{кр}$, кількості ведучих мостів та умов експлуатації (сухий асфальт, мокрий асфальт, сніг).

Знаходження гальмівного шляху S_r та максимального відхилення від заданої траєкторії Δ_{\max} відбувається шляхом подвійного інтегрування поздовжніх та бокових прискорень, що допустимо в зв'язку з не значною тривалістю процесу гальмування.

Результати досліджень зводяться до табл. 1. Кожен вимір проводиться 3 рази.

Таблиця 1

Результати досліджень процесу гальмування колісних тракторів

Закон $h=f(t)$	ХТА-200 «Слобожанець»		Case IH Magnum 255		Deutz-Fahr Agrottron X720	
	S_r	Δ_{\max}	S_r	Δ_{\max}	S_r	Δ_{\max}
Ведучих два мости, дорожня поверхня – сухий асфальт, гальмування зі швидкості $V=V_{\max}$ км/год, сила тяги на гаку $P_{кр}=0$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
...						
Ведучих два мости, дорожня поверхня – сухий асфальт, гальмування зі швидкості $V=V_{\max}$ км/год, сила тяги на гаку $P_{кр}=P_{кр\max}$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
...						
Ведучих два мости, дорожня поверхня – сухий асфальт, гальмування зі швидкості $V=10$ км/год, сила тяги на гаку $P_{кр}=0$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
...						
Ведучих два мости, дорожня поверхня – сухий асфальт, гальмування зі швидкості $V=10$ км/год, сила тяги на гаку $P_{кр}=P_{кр\max}$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
Ведучих два мости, дорожня поверхня – мокрий асфальт						
...						
Ведучих два мости, дорожня поверхня – сніг						
...						
Всі вище наведені операції виконуються для кожного діапазону трансмісії						
...						
Ведучий один міст						
...						

Прилади та апаратура

Схема розташування обладнання на тракторах наведена на рис. 2 та складається з наступних приладів та апаратури:

– для трактора ХТА-200 «Слобожанець» (рис. 2 а): відеокамери; 4-х акселерометрів; ноутбуку;

– для тракторів Case IH Magnum 255 та Deutz-Fahr Agrottron X720 (рис. 2 б): відеокамери; 2-х акселерометрів; 2-х ноутбуків; переривника сигналів; електронного динамометра.

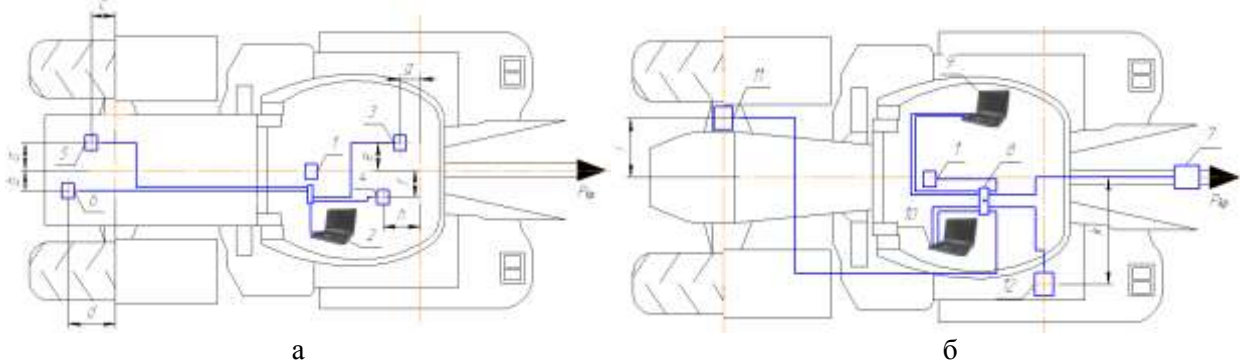


Рис. 2. Схема розташування обладнання на тракторах:

а – ХТА-200 «Слобожанець»; б – Case IH Magnum 255 та Deutz-Fahr Agrottron X720;

1 – відеокамера; 2, 10 – ноутбук для збереження результатів з акселерометрів; 3, 4, 5, 6, 11, 12 – акселерометри; 7 – електронний динамометр; 8 – переривник сигналів; 9 – ноутбук для збереження результатів з відеокамери та електронного динамометра; $a=b=0,375$ м; $c=0,45$ м; $d=0,95$ м; $e=f=0,325$ м; $g=0,15$ м; $h=0,35$ м; $i=0,64$ м, $k=0,56$ м (Case IH Magnum 255); $i=0,58$ м, $k=0,68$ м (Deutz-Fahr Agrottron X720).

Основна функція відеокамери 1 (рис. 2) – фіксація зміни положення педалі гальма протягом процесу гальмування з метою визначення закону $h=f(t)$. При цьому перед процесом гальмування вільний та повний рух педалі гальма кожного трактора вимірювався за допомогою лінійки.

Для визначення поздовжніх і бокових прискорень у процесі гальмування трактора ХТА-200 «Слобожанець» використовувався мобільний вимірювальний комплекс (рис. 3), розроблений кафедрою технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ [4], який складається з акселерометрів Freescale Semiconductor модель MMA7260QT (поз. 3 – 6, рис. 2 а), ноутбука 2 для обробки та зберігання даних, отриманих в процесі проведення експерименту.



Рис. 3. Мобільний вимірювальний комплекс, розроблений кафедрою технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ: 1, 2 – акселерометри; 3 – ноутбук

Акселерометри MMA7260QT, що використовуються в комплексі, – ємнісні з трьома робочими осями і межею вимірювання $\pm 1,5g$, мають максимальну похибку 1%.

У процесі підготовки до проведення експерименту акселерометри встановлювалися за схемою, яка наведена на рис. 2 а. Після встановлення і налаштування мобільного вимірювального комплексу (рис. 4), проводилося експериментальне дослідження процесу гальмування колісного

©А.І.Бондаренко, М.П.Холодов, Є.С.Пелипенко, В.В.Кучков

трактора ХТА-200 «Слобожанець» за методикою, що була наведена вище. В результаті для різних законів натиснення на педаль гальма при русі з усіма та одним ведучим мостом дорогами з різним коефіцієнтом зчеплення та варійованою силою тяги на гаку визначалися поздовжні та бокові прискорення.

При дослідженні процесу гальмування трактора ХТА-200 «Слобожанець» електронний динамометр 7 (рис. 2 б) та переривник сигналів 8 не використовувалися. Сила тяги на гаку визначалася виходячи з параметрів причепів та їх завантаженості.

Для зберігання та обробки результатів, отриманих при дослідженні процесу гальмування тракторів Case IH Magnum 255 та Deutz-Fahr Agrotion X720 з електронного динамометра 7 (рис. 2 б) та відеокамери 1, користувалися ноутбуком 9, а з акселерометрів 11, 12 – ноутбуком 10.

Використання електронного динамометра 7 (рис. 2 б) дозволяє визначати силу тяги на гаку в діапазоні 100 – 5000 кг, максимальна похибка не перевищує $\pm 0,2\%$. Сигнал з електронного динамометра (рис. 5) в кг з періодичністю 0,2 с. в цифровому вигляді подавався на ноутбук 9 (рис. 2 б) та відображався в спеціально розробленій програмі, інтерфейс якої зображено на рис. 6.



Рис. 4. Встановлення і налаштування мобільного вимірювального комплексу на тракторі ХТА-200 «Слобожанець»



Рис. 5. Електронний динамометр

Інтерфейс програми (рис. 6) складається з чотирьох клавiш керування: "Старт", "Стоп", "Очистить", "Выход" та одного вікна – "Сила тяги на крюке".

Початок реєстрації результатів починається після запуску файлу програми "ComServer.exe" (рис. 7) та натисненні на кнопку "Старт", зупинка – при натисненні на кнопку "Стоп" (рис. 6). Проміжок часу, протягом якого відбувається дослідження, відображається у вікні "Параметры" під надписом "Время" та вимірюється в секундах. Масштаб відображення отриманих результатів задається у вікні "Параметры" (рис. 6) – "Масштаб".

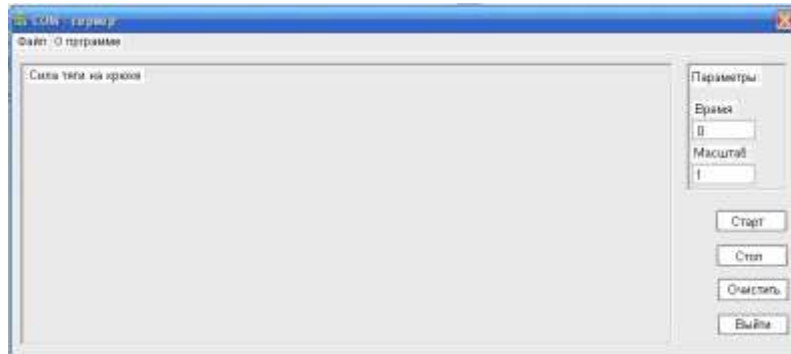


Рис. 6. Інтерфейс програми для візуалізації отриманих результатів з електронного динамометра

SerialGate	dll
ComServer	exe
ComServer	exp
ComServer	ilk
ComServer	lib
ComServer	pdb
data	txt

Рис. 7. Запуск програми для візуалізації отриманих результатів з електронного динамометра

Візуально зміну сили тяги на гаку від часу протягом дослідження можна спостерігати у вікні "Сила тяги на крюке". Ліквідація отриманих результатів з даного вікна здійснюється при натисненні на кнопку "Очистить". Для виходу з програми достатньо скористатися відповідною кнопкою програми – "Выход". Зберігання результатів випробування автоматично відбувається в текстовому файлі "data.txt" (рис. 7) в два стовпчика: правий – час в секундах, лівий – значення сили тяги на гаку в кг.

Для визначення поздовжніх і бокових прискорень у процесі гальмування тракторів Case IH Magnum 255 та Deutz-Fahr Agrotion X720 використовувалися акселерометри, зібрані на базі Freescale моделі MMA7341L та MMA7361L з трьома робочими осями і межею вимірювання $\pm 1,5g$ та максимальною похибкою 1%. Акселерометр MMA7341L розміщувався на передньому мості тракторів, а MMA7361L на задньому (рис. 8) згідно схеми, наведеної на рис. 2 б.

Візуалізація та зберігання даних, отриманих з акселерометрів MMA7341L та MMA7361L, відбувалося за рахунок спеціально розробленої програми, інтерфейс якої зображено на рис. 9. Дана програма практично аналогічна за принципом дії з програмою, написаною для візуалізації отриманих результатів з електронного динамометра.

Інтерфейс програми (рис. 9) складається з чотирьох клавiш керування: "Старт", "Стоп", "Очистить", "Выход" та двох вікон – "Ускорение 1" та "Ускорение 2". Візуально зміну поздовжніх і бокових прискорень у процесі гальмування тракторів з акселерометра MMA7341L можна спостерігати у вікні "Ускорение 1", а з акселерометра MMA7361L у вікні "Ускорение 2".

Масштаб відображення отриманих результатів з акселерометра MMA7341L задається у вікні "Параметры" (рис. 9) – "Масштаб 1", а з акселерометра MMA7361L – "Масштаб 2".

Зберігання результатів випробування автоматично відбувається в текстових файлах "data1.txt" та "data2.txt" в три стовпчика: перший – час в секундах, другий – значення поздовжніх прискорень в m/s^2 , третій – значення бокових прискорень в m/s^2 .

В зв'язку з тим, що параметрів ноутбуку 9 (рис. 2 б) не достатньо для обробки результатів одночасно з відеокамери 1, електронного динамометра 7 та акселерометрів 11, 12, змушені були використовувати додатково ще один ноутбук 10, а для синхронізації сигналів при дослідженні динаміки гальмування тракторів Case IH Magnum 255 та Deutz-Fahr Agrottron X720 – переривник сигналів 8. Одночасно запустити програми для візуалізації результатів дослідження електронного динамометра 7 та акселерометрів 11, 12 на різних ноутбуках достатньо складно. Тому переривник (рис. 10) пропускає лише нульові сигнали на ноутбуки після натиснення клавіш "Старт" в програмах (рис. 6, 9), а в момент початку досліджень, при натисненні на червону кнопку переривника сигналів (рис. 10), на ноутбуки 9, 10 (рис. 2 б) починають надходити вже реальні значення від електронного динамометра 7, відеокамери 1 та акселерометрів 11, 12, а не нульові. Саме завдяки цьому, в процесі обробки результатів можна визначити в конкретний час якій силі тязі на гаку відповідає яке значення прискорень з акселерометрів.

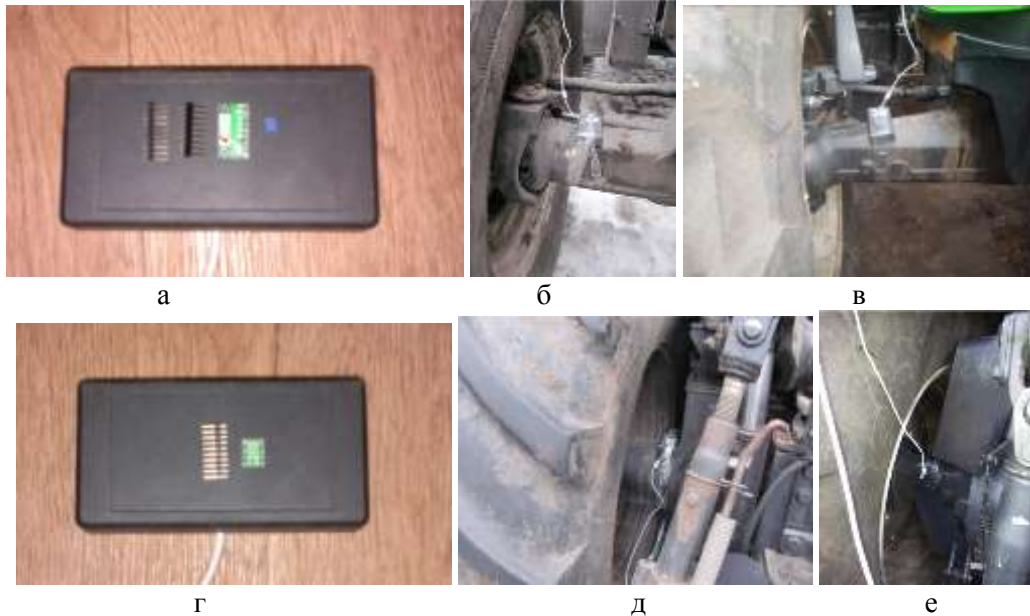


Рис. 8. Встановлення акселерометрів на тракторах Case IH Magnum 255 та Deutz-Fahr Agrottron X720:

а – загальний вигляд акселерометра MMA7341L; б – розміщення акселерометра MMA7341L на передньому мості трактора Case IH Magnum 255; в – розміщення акселерометра MMA7341L на передньому мості трактора Deutz-Fahr Agrottron X720; г – загальний вигляд акселерометра MMA7361L; д – розміщення акселерометра MMA7361L на задньому мості трактора Case IH Magnum 255; е – розміщення акселерометра MMA7361L на задньому мості трактора Deutz-Fahr Agrottron X720.



Рис. 9. Інтерфейс програми для візуалізації отриманих результатів з акселерометрів MMA7341L та MMA7361L

©А.І.Бондаренко, М.П.Холодов, Є.С.Пелипенко, В.В.Кучков



Рис. 10. Переривник сигналів

Висновки. В роботі наведена методика експериментального дослідження впливу законів натиснення на педаль гальма при русі з усіма та одним ведучим мостом дорогами з різним коефіцієнтом зчеплення, та варійованою силою тяги на гаку на керованість та гальмівну ефективність тракторів ХТА-200 «Слобожанець», Case IH Magnum 255, Deutz-Fahr Agrottron X720, описано принцип дії приладів та апаратури, що використовувалися при випробуваннях.

1. Артьомов М.П. Дослідження динаміки машинно-тракторних агрегатів за допомогою методу парціальних прискорень / М.П. Артьомов // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – 2012. – № 2(32) Т.1 – С. 3 – 12.
2. Артьомов М.П. Динамічні випробування датчиків прискорень на лабораторному вібростенді / М.П. Артьомов, Д.М. Клец // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». – 2012. – № 2 (66) – С. 5 – 9.
3. Гаврилов Э.В. Принципы работы мобильных вычислительных комплексов / Э.В. Гаврилов, О.П. Алексеев, О.П. Смирнов // Информационные технологии. – Харьков, 1999. – С. 139 – 141.
4. Клец Д.М. Определение угла продольного наклона автомобиля при проведении динамических испытаний / Д.М. Клец // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – 2011. – № 18. – С. 24 – 29. .
5. Клец Д.М. Разработка мобильного регистрационно-измерительного комплекса для проведения динамических испытаний колесных машин / Д.М. Клец // Вісник Національного транспортного університету. – 2012. – № 25. – С. 234 – 241.
6. Лебедев А.Т. Оценка управляемости мобильных машин методом парциальных ускорений / А.Т. Лебедев, Н.П. Артёмов, А.В. Кот, М.А. Подригало // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, Т. 7. – С. 65–72.
7. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н. П. Артемов, А. Т. Лебедев и др.]; под ред. М. А. Подригало. – Х. : Изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.
8. Подригало М.А. Визначення необхідної кількості акселерометрів і місця їх установки при динамічних випробуваннях мобільних машин / М.А. Подригало, М.П. Артьомов, Д.М. Клец, А.І. Коробко // Механіка та машинобудування. – 2012. – № 2. – С. 127 – 135.
9. Подригало М. Застосування методу паралельних спостережень при випробуваннях автомобілів / [М. Подригало, О. Полянський, Д. Клец, А. Коробко, А. Мостова] // Вісник Тернопільського національного технічного університету. Науковий журнал. – 2011. – Том 16. – №1. – С. 57 – 62.
10. Сысоева С. Автомобильные акселерометры / С. Сысоева // Компоненты и технологии. – 2005. – № 8. – С. 12 – 18.
11. Шевцов С.М. Измерительные преобразователи вибрационных процессов / С.М. Шевцов, С.П. Ереско // Вестник БрГУ «Системы. Методы. Технологии». – 2012. – Вып. 3 (7). – С. 42-49.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2014

УДК 621.44.3:678-462

В.С.Вербовський, І.В.Грицук, Д.С.Адров
Інститут Газу Національної Академії Наук України
Донецький інститут залізничного транспорту УДАЗТ
Донецький інститут залізничного транспорту УДАЗТ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ З СИСТЕМОЮ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПРОГРІВУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ПЕРЕДПУСКОВОГО І ПІСЛЯПУСКОВОГО ПРИСКОРЕНОГО ПРОГРІВУ

В роботі представлена розробка математичної моделі розрахунку показників ДВЗ, оснащеного системою передпускового прогріву для одночасного здійснення прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і моторної оливи в системі мащення, яка дозволяє проводити дослідження роботи й параметрів системи і елементів її у різних умовах навколишнього середовища при здійсненні передпускового і післяпускового прискореного прогріву від температури оточуючого середовища до температури «гарячого пуску» та можливості навантаження.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, система передпускового прогріву, математична модель, прискорений прогрів, системи охолодження і мащення, тепловий акумулятор фазового переходу.

Рис. 1. Літ 22.

В.С.Вербовский, И.В.Грицук, Д.С.Адров. **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С СИСТЕМОЙ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРЕДПУСКОВОГО И ПОСЛЕПУСКОВОГО УСКОРЕННОГО ПРОГРЕВА**

В работе представлена разработка математической модели расчета показателей ДВС, оснащенного системой предпускового прогрева для одновременного осуществления прогрева охлаждающей жидкости в системе охлаждения и моторного масла в системе смазки, которая позволяет проводить исследования работы и параметров системы и элементов ее в различных условиях окружающей среды при осуществлении предпускового и послепускового ускоренного прогрева от температуры окружающей среды до температуры «горячего пуска» и возможности нагружения.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система предпускового прогрева, математическая модель, ускоренный прогрев, системы охлаждения и смазки, тепловой аккумулятор фазового перехода.

V.Verbovsky, I.Gritsuk, D.Adrov. **MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE PERFORMANCE OF THE IN- TERNAL COMBUSTION ENGINE WITH SYSTEM PLUGS WARM WHEN IMPLEMENTING PLUGS POSTHEATING ACCELERATED WARMING**

The paper presents the development of a mathematical model for calculating performance engine equipped with system plugs warm for simultaneous warm the coolant in the cooling system and engine oil lubrication system, which allows the study of work and parameters of the system and its elements in different environmental conditions in the implementation of pre-launch and postheating accelerated warming from ambient temperature to "hot start" and the possibility of loading.

Keywords: internal combustion engine, the system plugs warm, mathematical model, rapid heating, cooling and lubrication systems, heat storage phase transition.

Постановка проблеми. В процесі роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) його тепловий стан в більшості випадків не відповідає оптимальному. Особливо це стосується запуску двигуна, його прогріву та подальшої роботи з навантаженнями. Особливо складним, утрудненим, таким, що супроводжується не тільки зниженням моторесурсу, але й небезпекою аварії, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього повітря. При низьких температурах самого двигуна і оточуючого його середовища пуск ускладнюється, надійність пуску істотно знижується, а час підготовки до прийняття навантаження зростає. Невідповідність теплового стану двигуна оптимальному суттєво впливає на його паливну економічність та екологічні показники. Існують системи, які дозволяють покращити тепловий стан двигуна. Але дуже важливо дати правильну оцінку цим системам та знайти можливі способи та рішення, які б покращили тепловий стан двигуна та зменшили час прогріву після пуску двигуна і, як наслідок, покращення паливної економічності і екологічних показників.

©В.С.Вербовський, І.В.Грицук, Д.С.Адров

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для покращення показників ДВЗ в процесі пуску і прогріву було створено систему комбінованого прогріву [1, 2], що складається з системи прискореного прогріву (СППД) й системи утилізації теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором (СУТТА) фазового переходу. Для покращення процесу пуску й підвищення довговічності двигуна, тобто зменшення пускових зносів необхідно також поліпшення подачі моторної оливи до пар тертя при здійсненні пуску за рахунок передпусковий прокачування і підігріву оливи. Аналіз пристроїв, що забезпечують оптимізацію мастильного процесу сполучень двигуна на режимах пуску - прогріву [3 - 6] показав, що найбільш простими за конструкцією, а також за можливістю реалізації на сучасних двигунах, є пристрої [7 - 9]. Але, розглянуті пристрої не забезпечують підігріву при прокачуванні моторної оливи, необхідного для зниження опору обертанню колінчастого валу під час пуску при низьких температурах навколишнього середовища.

Дослідження дизеля К-461М1 (6ЧН 12/14) і газового двигуна К-159М2 (6Ч 12/14), що продовжуються в ДонІЗТ УкрДАЗТ і в Інституті газу НАНУ спільно з НТУ, показали, що для полегшення пуску і швидкого прогріву двигуна доцільно використовувати систему передпускового прогріву (СПП) ДВЗ [10] і систему регулювання температури охолоджуючої рідини при здійсненні міжзмінної стоянки [11]. Особливість системи передпускового прогріву полягає в тому, що вона включає в себе тепловий акумулятор (ТА) фазового переходу і елементи прискореного прогріву для забезпечення ефективної передпускової теплової підготовки системи охолодження (СОД) ДВЗ і його прискореного прогріву після пуску в умовах низьких температур, а крім цього, в неї включено тепловий акумулятор (ТА), теплонакопичувач й елементи керування передпусковою системою мащення (ПСМД) ДВЗ. Для досягнення більшої ефективності при виконанні передпускового прогріву газового двигуна К-159М2 в процесі здійснення пуску і прогріву доцільно за допомогою системи передпускового прогріву (СПП) одночасно здійснювати прогрів охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ. Елементи керованої передпускової системи мащення двигуна (КПСМД) включають електроклапани, реле, датчики температури і тиску, й рідинний насос, який дозволяє модулювати циркуляцію оливи ПСМД в залежності від її температури, для забезпечення ефективного прогріву й довговічності ДВЗ. Ці функції КПСМД виконує спільно з теплонакопичувачем, в який зливається прогріта олива двигуна в період його зберігання. Система регулювання температури охолоджуючої рідини ДВЗ [10], крім вже описаних елементів, містить ще й додатковий контактний блочний тепловий акумулятор ДВЗ. Додатковий контактний блочний тепловий акумулятор ДВЗ уявляє собою багат шаровий чохол, закріплений на сорочці й піддоні двигуна ззовні. Робота його заснована на виділенні й поглинанні тепла при зміні фазового стану теплоакumuлюючого матеріалу, який входить до складу його конструкції. Секції додаткового контактного блочного теплового акумулятору ДВЗ закріплюються на поверхні блоку циліндрів і масляного піддона двигуна, так щоб забезпечити щільне прилягання.

Постановка задачі в даній роботі – розробка математичної моделі розрахунку показників роботи ДВЗ, оснащеного системою передпускового прогріву, яка дозволяє одночасно здійснювати прогрів охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ, а також проводити дослідження роботи й параметрів системи і елементів її у різних умовах навколишнього середовища при здійсненні передпускового і післяпускового прискореного прогріву до температури «гарячого пуску» та можливості навантаження.

Основний матеріал дослідження. Дослідження ефективності СПП ДВЗ містить у собі: вибір критеріїв для оцінки енергетичної й економічної ефективності системи й на їхній основі вибір оптимальної конфігурації СПП, оптимальних енергетичних параметрів схеми, конструктивних і режимних характеристик елементів схеми й екологічних характеристик системи прогріву ДВЗ. Оскільки об'єкт дослідження в загальному випадку є численним класом систем, що використовують різні джерела енергії для передпускового прогріву широкого спектра ДВЗ, то для визначення найважливіших елементів і зв'язків була розроблена формалізована схема СПП ДВЗ, що містить у собі основні енергетичні потоки і їх перетворення від входу до виходу системи. Комбінація СПП ДВЗ і системи енергії від додаткових (поновлюваних при роботі ДВЗ) джерел у вигляді теплоти технологічно можливо виконати в контурах окремих систем ДВЗ і додаткових блоків. Різні види енергії, різний потенціал, і, відповідно, її енергетична цінність у різних точках системи, наявність процесів багаторазового перетворення одних видів енергії в інші, залежність процесів і параметрів системи від режимів навантаження споживача, утруднюють використання традиційних методів дослідження, що застосовуються при розрахунках ДВЗ або в технологічних процесах роботи СПП.

Утилізоване тепло систем охолодження, мащення й випуску відпрацьованих газів ДВЗ, залежно від споживача, використовується для нагрівання, у першу чергу, теплоносія для ТА фазового переходу системи, або - для технологічних потреб.

Дослідження СПП ДВЗ має ряд важливих аспектів, а саме: комбінація параметрів і об'ємів різних видів енергії, що генерується двигуном, з енергетичними й режимними параметрами додаткових джерел енергії системи й споживачами; структура й співвідношення видів енергетичної продукції для елементів системи, вироблених у ній; оптимізація параметрів можливих схем і процесів у системі. Завдання досліджень - використання методів системного, термодинамічного й термoeкономічного дослідження для аналізу ефективності й оптимізації СПП ДВЗ. Методологічною основою оцінки й вибору елементів і способів підвищення ефективності СПП ДВЗ є системний підхід, який досить широко використовується при проведенні досліджень як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації систем ДВЗ, і енергетичних машин у цілому. Основним критерієм віднесення елемента до досліджуваної системи є його участь у процесах самої системи, а для всебічного розгляду й аналізу елементів і взаємозв'язків між ними, та дослідження властивостей виділені елементи системи представляється в системних об'єктах (вхід, процес, вихід, зворотний зв'язок і обмеження) [12]. Для оцінки впливу конструктивних і технологічних факторів на передпусковий прогрів ДВЗ і прискорений прогрів після його пуску запропоновано досліджувати систему СПП ДВЗ. Для формування й використання системи СПП ДВЗ у практичних розрахунках були математично описані складові її елементи з метою представити можливість застосування системотехнічного підходу для створення й використання цієї системи у практичному використанні.

Для визначення і розрахунку показників роботи ДВЗ з означеною системою в процесі пуску і прогріву необхідно враховувати участь її складових елементів в основних процесах роботи ДВЗ, а для всебічного розгляду і аналізу самої досліджуваної системи, її складових елементів і взаємозв'язків між ними та дослідження властивостей створеної системи в залежності від природно-кліматичних умов її потрібно представляти у складових об'єктах, які самі по собі мають властивості окремих системних об'єктів. Це пояснюється тим, що кожен з об'єктів складається із складових, які по-перше суттєво впливають на його кінцеві характеристики і властивості, а по-друге, й всієї системи відповідно.

До основних складових математичної моделі системи передпускового прогріву (СПП) ДВЗ в цілому відносимо наступні елементи і процеси: формування і введення основних вхідних параметрів і даних для роботи системи, утилізаційний теплообмінник (ТО) теплового акумулятора; тепловий акумулятор (ТА) СПП, контактний тепловий акумулятор (КТА), накопичувач оливи з тепловим акумулятором (НОТА) (в цілому ПСМД ДВЗ), що разом з ТО утворюють СУТТА; процес прогріву ДВЗ за допомогою системи прискореного прогріву охолоджуючої рідини або моторної оливи СППД й (або) СУТТА; моніторинг досліджуваної системи двигуна в цілому і поелементно; зв'язки між основними елементами системи; зворотній зв'язок, обмеження і вихід системи.

Функцією введення основних вхідних параметрів і даних системи є формування параметрів системи, що включають в себе конструктивні, технологічні параметри всіх без виключення елементів досліджуваної системи у відповідності до природно-кліматичних умов, а також забезпечення її експлуатаційними матеріалами, енергією і (або) інформацією про роботу елементів системи, які отримують під час процесу роботи.

Робота окремих складових елементів системи (ТО, ТА, КТА, НОТА, СУТТА, СППД, моніторинг системи) й системи в цілому переводить формування і введення основних вихідних даних для роботи системи у вихід системи. Зв'язки між основними елементами системи призначені для зміни процесів роботи окремих елементів з метою наближення показників на виході з моделі із заданими показниками, що обумовлені на початку дослідження. Зворотній зв'язок в системі (основний і проміжний) в цілому призначений для зміни всього процесу з метою наближення показників на виході із заданими показниками на початку дослідження. Обмеження, що накладаються на окремі складові елементи системи або на систему в цілому формують модель виходу системи або мету проведення роботи всієї системи.

Вихід системи в математичній моделі, тобто визначення термінових (у параметрах часу роботи елементів і всієї системи) та теплових характеристик, паливно-економічних і екологічних показників роботи досліджуваної СПП ДВЗ є кінцевим результатом процесу дослідження й може бути визначений в якості призначення всієї розробленої математичної моделі, для досягнення якого всі складові об'єкти системи було об'єднано в одне ціле.

Для оцінки впливу конструктивних і технологічних параметрів окремих складових елементів і в цілому СПП двигуна у відповідності до природно-кліматичних умов його експлуатації на екологічні, паливо-економічні показники, терміни прогріву та основні теплові параметри і характеристики роботи системи прогріву ДВЗ запропоновано досліджувати систему передпускового прогріву ДВЗ. На рис. 1 представлена при поєднанні основних системних об'єктів укрупнена структурна схема математичної моделі системи передпускового прогріву ДВЗ для одночасного здійснення прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і моторної оливи в системі мащення.

В математичній моделі СКП ДВЗ виділено п'ять основних процесів, які послідовно пов'язані між собою:

- розрахунок теплового акумулятора (рівень d);
- розрахунок контактного теплового акумулятора (рівень e);
- розрахунок накопичувача оливи з тепловим акумулятором (рівень f);
- розрахунок процесу прогріву ДВЗ, в тому числі з СППД і (або) СУТТА (рівень g);
- визначення результатів, тобто визначення термінових та теплових характеристик, паливно-економічних і екологічних показників роботи досліджуваної СПП ДВЗ (рівень h).

Входом системи загалом і процесу роботи СПП ДВЗ рівня a - введення основних вхідних параметрів і даних для роботи системи служать:

- вихідні дані щодо робочого процесу ДВЗ. Для формування бази вихідних даних можуть бути використані експериментальні дані робочого процесу ДВЗ, або розраховані вихідні дані робочого процесу ДВЗ, для чого може бути використаний будь-який сучасний програмний комплекс, в нашому випадку був використаний програмний комплекс (програма) *Dizel-RK* [13, 14].

- конструктивні параметри і особливості, а також характеристики системи охолодження (СОХ) і системи мащення (СМ) ДВЗ, теплових акумуляторів [15, 16, 21], утилізаційного теплообмінника [17], системи прискореного прогріву [1, 8], коефіцієнтів апроксимації досліджуваної системи, вихідні дані для формування моніторингу системи [19] охолодження ДВЗ і досліджуємої системи СКП ДВЗ [20].

На виході системи утворюються продукти згорання, як сукупність великої кількості шкідливих та нешкідливих компонентів, невикористана теплова енергія відпрацьованих газів, теплова енергія від системи охолодження та від системи мащення, тощо.

Для керування робочим процесом СПП ДВЗ, з метою наближення показників виходу системи до показників системи із заданою точністю, служить зворотній зв'язок, який забезпечує моніторинг системи охолодження і мащення ДВЗ (рівень b) в різних його елементах, а також системи СППД, теплових акумуляторів фазового переходу в процесі роботи системи при охолодженні її на протязі певного терміну часу й під час прогрівання, тощо.

Окремі об'єкти «утилізаційний теплообмінник (рівень c) – тепловий акумулятор (рівень d) - контактний тепловий акумулятор (рівень e) - накопичувач оливи з тепловим акумулятором (рівень f)» утворюють в загальному вигляді єдину енергетичну систему зі своїми особливими властивостями, яка виконую наступні функції:

- відбір теплової енергії за допомогою теплообмінника від відпрацьованих газів (ВГ) ДВЗ,
- передача теплової енергії до високотемпературного контуру ТА фазового переходу СПП,
- передача теплової енергії до КТА фазового переходу,
- передача теплової енергії до НОТА фазового переходу,
- фазове перетворення теплоакумулюючого матеріалу (ТАМ) в ТА, КТА, НОТА фазового переходу,
- зберігання отриманої теплової енергії на протязі відповідного терміну часу,
- віддача теплоти від низькотемпературного контуру ТА до систем охолодження і мащення ДВЗ.

Для визначення енергетичних показників утилізаційного теплообмінника ВГ ДВЗ на рівні c на основі аналізу, конструктивних параметрів та фізичних властивостей розраховуються наступні параметри: коефіцієнт тепловіддачі k , середній температурний напір dT та теплова потужність теплообмінника Qt .

Об'єкти рівня d, e, f визначаються і описуються суто, як теплові акумулятори фазового переходу для систем охолодження мащення ДВЗ. На цих рівнях проводиться розрахунок процесів

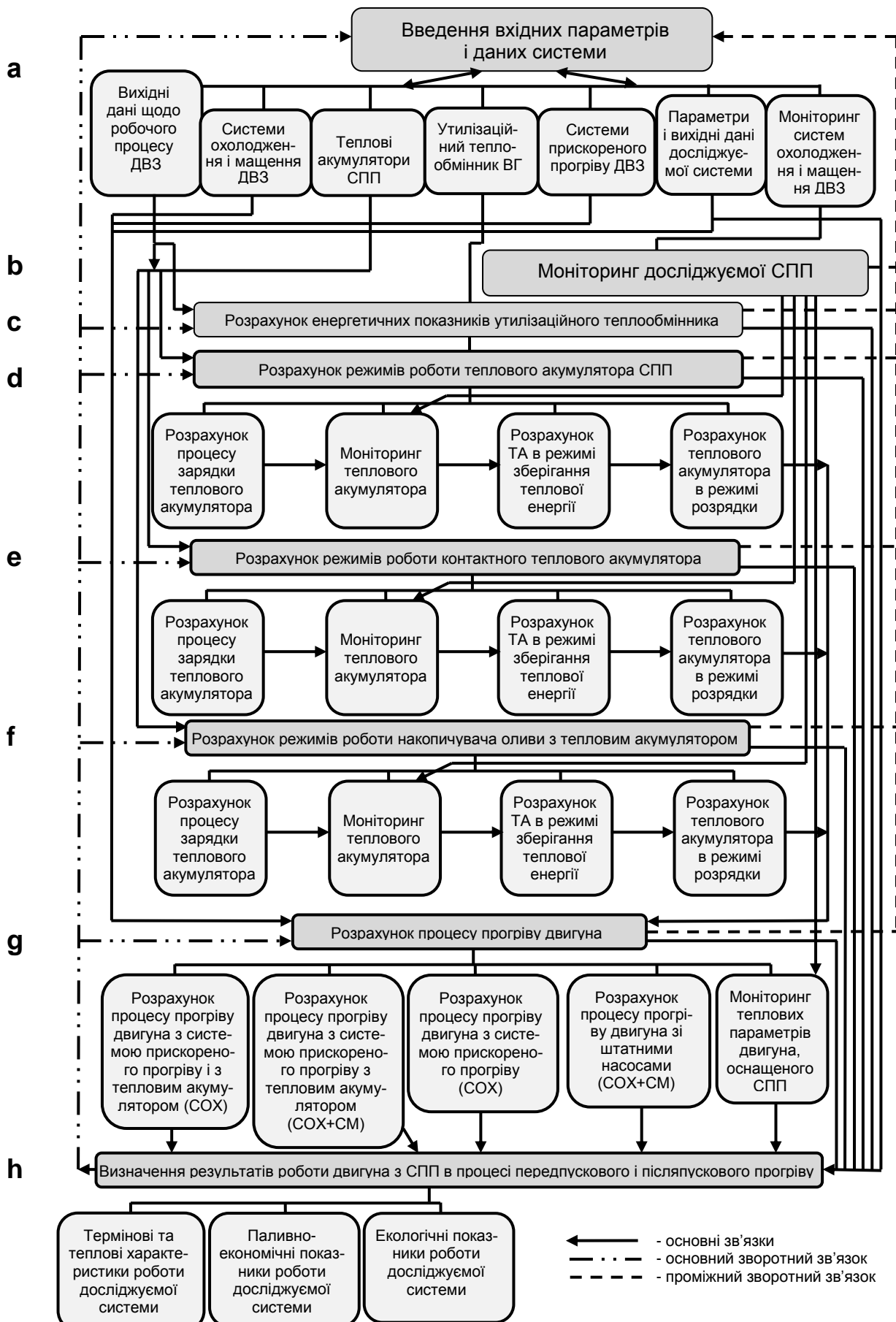


Рис. 1 Укрупнена структурна схема математичної моделі системи передпускового прогріву ДВЗ для одночасного здійснення прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і моторної оливи в системі мащення

©В.С.Вербовський, І.В.Гришук, Д.С.Адров

зарядки ТА, КТА і НОТА, моніторинг температур в різних частинах конструкції ТА, КТА і НОТА, розрахунок ТА, КТА і НОТА у режимі зберігання теплоти, розрахунок ТА, КТА і НОТА на режимі розрядки. До цих рівнів включені розрахунки фазових переходів теплоакуюючих матеріалів, що є особливістю розрахунків теплових акумуляторів (ТА, КТА і НОТА) фазового переходу. Енергетичний вихід рівня a і рівня c є вхідним параметром процесів рівнів d, e, f . Крім цього на рівнях d, e, f моніторинг температур в різних частинах конструкції ТА, КТА і НОТА виконується на основі параметрів, що отримані на рівні a і рівні b . Результатами розрахунків на означених рівнях є: коефіцієнт тепловіддачі k_{ta1} від теплоносія до ТАМ, середній температурний напір від теплоносія до ТАМ dT_{ta1} , час зарядки ТА, КТА і НОТА t_{zar} та енергетичний ККД зарядки ТА, КТА і НОТА η_{zar} , час зберігання зарядки ТА, КТА і НОТА t_{zber} , коефіцієнт тепловіддачі k_{ta2} від ТАМ до охолоджуючої рідини, середній температурний напір від ТАМ до охолоджуючої рідини dT_{ta2} , час розрядки ТА, КТА і НОТА при прогріві ДВЗ t_{roz} , кінцеві температури охолоджуючої рідини T_{ox} , стінок циліндра T_{st} , головки блока T_{gol} та блоку в районі колінчастого валу ДВЗ T_{pd} .

Вибір, параметрів конструкції системи охолодження ДВЗ, утилізаційного теплообмінника, ТА, КТА і НОТА, СППД, процесу прогріву на своїх відповідних рівнях (рівні b, c, d, e, f і g) забезпечують підсистеми зворотного зв'язку з рівнем a у математичній моделі.

Об'єкти рівня g описують процес безпосереднього прогріву ДВЗ. У відповідності до конструкції розробленої системи [1, 2, 10, 18, 21] на цьому рівні виконуються наступні розрахунки:

- розрахунок процесу прогріву двигуна з системою прискореного прогріву і з тепловим акумулятором (СОХ);
- розрахунок процесу прогріву двигуна з системою прискореного прогріву з тепловим акумулятором (СОХ+СМ);
- розрахунок процесу прогріву двигуна з системою прискореного прогріву (СОХ);
- розрахунок процесу прогріву двигуна зі штатними насосами (СОХ+СМ);
- а також виконується моніторинг теплових параметрів двигуна, оснащеного СПП ДВЗ і всієї досліджуваної системи зі своїми системними властивостями.

Виходом підсистеми рівня g є: час прогріву до заданої температури охолоджуючої рідини і моторної оливи t_{prog} , кількість теплоти яку необхідно отримати для прогріву до заданої температури охолоджуючої рідини і моторної оливи Q_{prog} , кількість теплоти яку отримуємо від ТА, КТА і НОТА Q_{ta} , процесу згорання палива Q_{top} .

На кінцевому рівні h визначаються:

- термінові (у параметрах часу роботи елементів і всієї СПП) та теплові характеристики роботи досліджуваної системи прискореного прогріву ДВЗ;
- паливно-економічні показники роботи досліджуваного двигуна з СПП при прогріві;
- екологічні показники при здійсненні передпускового та післяпускового прогріву досліджуваного ДВЗ з СПП.

Вхідними параметрами рівні h є: результати апроксимації експериментальних досліджень, результати розрахунків рівнів b, c, d, e, f і g . Вихід системи на цьому рівні:

- термінові викиди оксидів азоту та твердих часток за процес теплової підготовки ДВЗ,
- термінова витрата палива за процес теплової підготовки ДВЗ,
- питомі викиди оксидів азоту та твердих часток за процес теплової підготовки ДВЗ,
- питома витрата палива для різних режимів роботи СПП ДВЗ та ДВЗ, оснащеного штатною системою,
- а також динаміка прогріву ДВЗ для різних режимів роботи СПП ДВЗ та ДВЗ, оснащеного штатною системою охолодження.

Зворотній зв'язок рівня h керує процесами рівнів a, b, c, d, e, f і g для реалізації заданого процесу прогріву ДВЗ (здійснення відповідного алгоритму передпускового та післяпускового прогріву досліджуваного ДВЗ з СПП) в залежності від природно-кліматичних і технологічних умов роботи, та інших факторів, які мають місце при реальному процесі експлуатації енергетичної установки (ЕУ) або транспортного засобу (ТЗ). Перераховані параметри визначають режими роботи (рівні a, c, d, e, f, g і h) ДВЗ з СПП, тобто значення витрат теплової енергії, палива і викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів ЕУ або ТЗ для реалізації того чи іншого алгоритму передпускового та післяпускового прогріву досліджуваного ДВЗ з СПП.

Алгоритм формування передпускового та післяпускового прогріву досліджуваного ДВЗ, оснащеного СПП для одночасного здійснення прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і моторної оливи в системі мащення представлено в роботі [22].

Система передпускового прогріву ДВЗ функціонує в зовнішньому середовищі і є відкритою. Це пояснюється тим, що її елементи і сама система в цілому обмінюється з зовнішнім середовищем речовинами, енергією і інформацією. Основні взаємозв'язки з середовищем, які враховуються при дослідженні системи наступні:

- із середовища, яке характеризується тиском, температурою і відносною вологою поступає паливо і повітря в процес рівня a ;
- середовищу віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі рівнів b, c, d, e, f і g ;
- в середовище поступає супутній вихід процесу рівня a (продукти згорання, частина теплової енергії);
- відображає взаємодію ДВЗ ЕУ і ТЗ, оснащеної означеною системою з повітрям, яке враховується параметрами вітру і температури у процесі виконання моніторингу СОХ і СМ і СПП в цілому.

В якості обмеження для всієї СПП розглядаються визначені величини інтервалів часу, питомих витрат палива та викидів забруднюючих речовин, тобто мети функціонування системи, які визначають вихідні параметри ЕУ і ТЗ з СПП ДВЗ.

Таким чином, запропонована укрупнена структурна схема і сама математична модель процесу прогріву ДВЗ, оснащеного системою передпускового прогріву, повністю відповідає поставленим вимогам та реалізує в повному обсязі різні алгоритми процесу передпускового та післяпускового прогріву СОХ і СМ досліджуваного ДВЗ з СПП. Крім цього СПП сформована у відповідності до основних принципів побудови аналогічних складних систем.

В розробленій системі, підсистемою, яка визначає рівень теплової підготовки СКП ДВЗ за ефективністю паливовикористання та забруднення середовища, є СУТТА, СППД, а запропонований підхід дозволяє систематизувати можливі алгоритми прогріву та досліджувати вплив різних алгоритмів роботи СППД та СУТТА на паливну економічність та екологічну безпеку досліджуваного ДВЗ ЕУ та ТЗ в межах розробленої моделі функціонування системи.

Висновки

Запропонована математична модель системи передпускового прогріву ДВЗ для одночасного здійснення прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і моторної оливи в системі мащення дозволяє проводити дослідження окремих елементів системи у різних умовах навколишнього середовища, конструктивних параметрів та складових елементів системи передпускового прогріву, а на основі досліджень проводити конструювання її елементів.

1. Патент на корисну модель UA № 50378, МКП (2009) F01P 3/22. Система регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання для приводу електроагрегата / І.В. Грицук, З.І. Краснокутська, Д.С. Адров - Опубл. 10.06.2010 Бюл. №11, 6с.
2. Патент на корисну модель UA № 62417, МКП F01P 3/22 (2006.01). Система регулювання температури охолоджуючої рідини газопоршневого електроагрегату з утилізацією теплоти з тепловим акумулятором / І.В. Грицук та ін. - Опубл. 25.08.2011, Бюл. №16, 5с.
3. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля / Ф.Н. Авдонькин. — М.: Транспорт, 1993. — 350 с.
4. Альмеев Р.И. Анализ устройств для предпусковой смазки деталей ДВС / Р.И. Альмеев // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. — Саратов: СГТУ, 2008. — С. 125-132.
5. Альмеев Р. И. Анализ влияния параметров системы смазки на режим работы подшипников коленчатого вала при холодном пуске двигателя / Р.И. Альмеев, А.С. Денисов // Научно-техническое творчество: проблемы и перспективы: Сборник статей IV Всероссийской научно-технической конференции-семинара. — В 2-х частях. — Часть 2 — Самара: Самарский государственный технический университет, 2009. — С. 35–46.
6. Денисов А.С. Применение устройства предпусковой смазки для оптимизации работы подшипников коленчатого вала на пусковых режимах / А.С. Денисов, Р.И. Альмеев // Журнал Автомобильных Инженеров - М: ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС», 2011 – №5 (70), С. 40-45.
7. Денисов А.С. Система запуска дизельного двигателя внутреннего сгорания: пат. на полезную модель № 53725 / А.С. Денисов, Р.Д. Абушаев, С.А. Шишкин // Бюл. госуд. реестра полезных моделей РФ, 2006, № 15.
8. Денисов А.С. Устройство для предпусковой смазки двигателя внутреннего сгорания: пат. на полезную модель № 88737 / А.С. Денисов, Р.И. Альмеев // Бюл. госуд. реестра полезных моделей РФ, 2009, № 32.
9. Дмитриев А.Г. Устройство для предпусковой смазки двигателя внутреннего сгорания: пат. на изобретение № 2043510 / А.Г. Дмитриев // Б.И. 1995, № 25.

10. Патент № 75301 Україна, МПК F01P 3/22 (2006.01). Система регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання з утилізацією теплоти тепловими акумуляторами / Грицук І.В., Краснокутська З.І., Вербовський В.С., Адров Д.С. / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т. - № u2012 06152; заяв. 21.05.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. №22.- бс.:іл.
11. Яркін А.В. Тепловой аккумулятор двигателя внутреннего сгорания строительной машины / А.В. Яркін, И.А. Пустовалов // Вестник ОГУ – Омск.: ОГУ, 2011 - №10 (129), с. 193-198
12. Матейчик В.П. Системные исследования энергоустановок дорожных транспортных средств // Труды Одесского политех. у-та. – 2002. - № 2(18). – С. 40-44.
13. Кулешов, А.С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. / А.С. Кулешов, Л.В.Грехов - М, МГТУ, 2000. 64 с.
14. Програма Дизель РК [електронний ресурс] Режим доступу: www.diesel-rk.bmstu.ru.
15. Шульгин, В.В. Тепловые аккумуляторы транспортных средств [Текст]. / В.В. Шульгин СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. - 268 с.
16. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д.С.Адров та ін. – // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011 – №27.- С. 117-126.
17. Особливості моделювання і дослідження процесів знімання й віддачі теплоти відпрацьованих газів ДВЗ в конструкції теплообмінника системи утилізації теплової енергії з тепловим акумулятором фазового переходу / О. І. П'ятничко та ін. –// Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011 – №28.- С. 122-130.
18. Адров, Д.С. Математичне моделювання роботи системи охолодження двигуна внутрішнього згорання утилізаційної установки при визначенні часу прогріву / Д.С. Адров //Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011 – №27. С. 105-112
19. Сычушкин, И.В. Автоматизированная система идентификации тепловых параметров водяной системы энергоустановки транспортного средства [Электрон. ресурс] / И.В. Сычушкин (Эффективность системы электроэнергетики и экономии электрической энергии) – Режим доступа: http://www1.nntu.nnov.ru/RUS/NEWS/futuretechnology_2005/section02.doc
20. Особливості експериментальної стаціонарної моторної установки й методики для дослідження системи прискореного прогріву двигуна та утилізації теплоти його відпрацьованих газів тепловим акумулятором. / Д.С. Адров та ін. // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту - Донецьк: ДонІЗТ, 2011 – №28., С. 179-189.
21. Грицук І.В. Особливості математичного моделювання параметрів роботи теплонакопичувача керованої передпускової системи мащення двигуна внутрішнього згорання у складі системи комбінованого прогріву / І.В.Грицук та ін. // Збірник наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2013– Випуск №36. с. 156-161.
22. Грицук І.В. Особливості алгоритму роботи системи передпускового прогріву газового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву / Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська // Вісник СевНТУ. Збірник наук. праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. - Севастополь: СевНТУ, 2013 - Випуск 143/2013, с.53-57.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2014

А.В.Веснін, Ю.А.Монастирський
ДВНЗ "Криворізький національний університет"
ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕДАТОЧНИХ ЧИСЕЛ РЕДУКТОРА
ЕЛЕКТРОМОТОРКОЛЕСА КАР'ЄРНОГО САМОСКИДА У ВІДПОВІДНОСТІ ДО
СКЛАДНОСТІ ТРАС РУХУ

Аналитично встановлені раціональні передаточні числа редуктора електромоторколеса кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 130 т для роботи на трасах в різних зонах кар'єру у відповідності з ухилами та радіусами поворотів.

Ключові слова: Кар'єрні самоскиди, гірничотехнічні умови роботи, передаточне число редуктора електромоторколеса, підвищення продуктивності роботи.

Рис. 6. Табл. 2. Форм. 4. Літ 4.

Аналитически установлены рациональные передаточные числа редуктора электромоторколеса карьерных самосвалов грузоподъемностью 130 т для работы на трассах в различных зонах карьера с соответствующими им уклонами и радиусами поворотов.

There are the results of the main parameters of motor transport traffic routes in a typical deep pit of Krivoy Rog region. The influence of pit trucks transmission ratio changing was determined to their traction and speed properties and performance. The necessity of transmission ratio choice relative to the mining conditions for increasing of the engine capacity usage was justified. The 130 ton pit trucks rational transmission ratios were determined based on the theoretical studies to operate on the routes with appropriate slopes and turning radiuses in different pit areas. In the considered operating conditions the usage of electromotor wheel gear reduction with the ratio of 30.36 will leads to 8.2% increase in productivity of the machine compared with the pit truck equipped with the gear reduction ratio of 38.

Постановка проблеми. Розвиток відкритого способу розробки корисних копалин супроводжується зростанням концентрації виробництва, збільшенням глибини й просторових розмірів кар'єрів, відстаней й складності транспортування гірничої маси. На фоні погіршення гірничотехнічних умов експлуатації одночасно спостерігається достатньо динамічне оновлення та збільшення парку кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією (ЕМТ). До сучасних самоскидів з ЕМТ пред'являються більше високі вимоги в області тягово-швидкісних характеристик, електричних навантажень, нагріву електроустаткування, а також паливної економічності. Саме на цьому підґрунті задача підвищення ефективності використання потенціалу кар'єрного транспорту великої вантажопідйомності стає ще більш гострою. Одним з рішень, на наш погляд, є вибір оптимального для певних умов експлуатації передаточного числа редуктора мотор-колеса (РМК), оскільки енергетична ефективність тягового електроприводу (ТЕП) і продуктивність самоскида залежать від кута підйому технологічної траси й швидкості обертання ведучих коліс у тяговому режимі, що при використанні однакових силових установок визначається передаточним числом РМК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що продуктивність кар'єрних самоскидів, насамперед, залежить від швидкості їхнього руху й вантажопідйомності. Найбільше впливають на швидкість руху ширина проїзної частини дороги, величина поздовжніх ухилів, якість покриття, інтенсивність руху. Швидкість руху є основним регульованим параметром роботи самоскиду, що визначає не тільки продуктивність, але й паливну економічність, а також динаміку зношування вузлів і агрегатів. Як відомо, раціональною швидкістю виступає швидкість, при якій досягається максимально можлива продуктивність у даних умовах, тобто максимальна швидкість за умови дотримання правил безпеки й обмеження нагріву електричних машин. Тому за критерій оптимізації режиму експлуатації самоскидів у кар'єрі приймають максимальну середньорічну продуктивність [1]:

$$Q_{срз} = f(L, H, i_c, f_{ск}, N_{уддв}, v_{срм}, P(t)) \rightarrow \max \quad (1)$$

де L - середньозважена відстань транспортування, км; H - середньозважена висота підйому вантажу, м; i_c - середній ухил траси, %; $f_{ск}$ - середньозважений опір коченню, $N_{уддв}$ - питома потужність дизеля, кВт/т; $v_{срм}$ - середньотехнічна швидкість самоскида, км/год; $P(t)$ - імовірність безвідмовної роботи самоскида, що визначається у відповідності до навантажувальних режимів роботи вузлів і систем.

Одним зі шляхів підвищення ефективності використання кар'єрного автотранспорту можна вважати збільшення швидкості його руху. Основні міри, які спрямовані на підвищення швидкості руху самоскидів поділяються на чотири великі групи: технологічні, гірничотехнічні, дорожні й конструктивні [1].

Швидкість самоскида обладнаного ЕМТ визначається частотою обертання вала тягового двигуна (ТЕД) залежно від передаточного числа РМК [2]:

$$v = \frac{n \cdot 2 \cdot 0,06 \cdot \pi \cdot R_k}{\mu_p} \quad (2)$$

де n - частота обертання вала ТЕД, μ_p - передаточне число РМК; R_k - кінематичний радіус колеса.

Необхідне передаточне число РМК, що забезпечить підвищені швидкісні властивості, залежно від експлуатаційних умов буде коливатися від мінімального до максимального у межах, габаритних розмірів корпусу РМК. Але, до сьогоднішнього дня ні сам виробник, ні узагальнення досвіду експлуатації зазначених машин в різних гірничотехнічних умовах **не дають рішення щодо чіткого визначення** ефективного передаточного числа РМК для відповідних гірничотехнічних умов роботи.

Метою дослідження є визначення ефективного передаточного числа РМК у відповідності до умов експлуатації самоскидів у кар'єрі, що дозволить підвищити середньотехнічну швидкість руху завдяки більш повному використанню потенціалу силової установки. Для досягнення поставленої мети сформульовані завдання:

- Визначити дорожньо-транспортні умови експлуатації великовантажних самоскидів на прикладі Гіннівського кар'єру ПАТ «Північний ГЗК».

- Установити вплив передаточного числа РМК на тягові-швидкісні властивості самоскидів з ЕМТ, виходячи з того, що продуктивність кар'єрного автотранспорту залежить, насамперед, від середньотехнічної швидкості руху.

- На основі отриманих результатів вибрати й обґрунтувати передаточне число РМК, що буде ефективним для заданих умов експлуатації.

Виходячи із причинно-наслідкового зв'язку між гірничотехнічними і дорожніми умовами, а також типом ТЕП працюючих машин, були визначені наступні характеризуючі параметри для Гіннівського кар'єру ПАТ «Північний ГЗК»: відстань транспортування гірничої маси, км; довжина ухилів на трасі, км; середній і максимальний ухил шляху, %.

Ухил кар'єрної дороги визначався виходячи з висотних оцінок плану гірничих робіт у кар'єрі за допомогою формули:

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L} \quad (3)$$

де i - ухил кар'єрної дороги, %; H_2 - висота наприкінці траси, м; H_1 - висота на початку траси, м; L - довжина ділянки траси, м.

Характер розподілу ухилів трас від 0% до 15% представлений в таблиці 1, а дорожньо-транспортні умови експлуатації самоскидів у кар'єрі в таблиці 2.

На основі проведеного аналізу були обрані сім найбільш типових трас руху, які характеризують всю дорожню мережу кар'єру.

Основним технологічним автотранспортом Ганнівського кар'єру є самоскиди Белаз-75145 і Белаз-75131, які оснащено ЕМТ з передаточним числом РМК 30,36. Також на ці машини можлива установка РМК із передаточним числом, рівним 38 [2].

Більшу частину робочого часу самоскиди рухаються з номінальним завантаженням від вибою до перевантажувального пункту на підйом [1]. Шлях транспортування розбивався на елементарні ділянки різної довжини з умовно однаковими дорожніми умовами, насамперед, ухилом і опором коченню, формула якого залежно від швидкості наведена в технічному описі ТЕП [2]. Визначення швидкості при русі самоскида БелАЗ-75131 на підйом на кожному елементі ділянок трас при різних передаточних числах РМК проводилось графоаналітичним методом на основі попередніх тягово-швидкісних розрахунків [3] з урахуванням поправочних коефіцієнтів, які встановлені в результаті експериментальних досліджень: при відстані транспортування до 3 км швидкість по граничній

©А.В.Веснін, Ю.А.Монастирський

динамічній характеристиці на кожному елементі траси зменшується в 1,3 рази, більше 3 км - в 1,2 рази. При цьому були прийняті такі допущення: несталі режими руху на ділянках траси відсутні ($\frac{dv}{dt} = 0$); потужність дизеля при транспортуванні (тяговий режим) використовується повністю [1].

Даний метод із введенням поправочних коефіцієнтів дає більше точні результати при порівнянні різних модифікацій однотипних самоскидів, що фактично і є метою дослідження.

Таблиця 1.

Розподіл уклонів доріг по Ганнівському кар'єру

№ п/п	Ухил, %	Довжина траси, L, м.	Частка трас з ухилом у загальній довжині кар'єрних доріг, %
1	0	16819	56,3
2	0,03	840	2,8
3	0,05	940	3,1
4	0,06	1334	4,5
5	0,07	8340	27,9
6	0,08	430	1,4
7	0,09	860	2,9
8	0,11	130	0,4
9	0,15	200	0,7
10		29893	100,0

Таблиця 2

Дорожньо-транспортні умови експлуатації самоскидів в Ганнівському кар'єрі.

№ п/п	Параметр	Значення параметра
1	Довжина кар'єру, м	5000
2	Ширина кар'єру, м	1200
3	Глибина кар'єру, м	260
4	Середня відстань транспортування гірничої маси, км	3,7
5	Середньозважений ухил, %	6,82
6	Максимальний ухил, %	15,0
7	Середня висота підйому гірничої маси, м	135

Порівняння граничних динамічних характеристик самоскида, отриманих у результаті тягового розрахунку ЕМТ самоскида Белаз-75131 при повному завантаженні, залежно від передаточного числа РМК представлено на рис. 1.

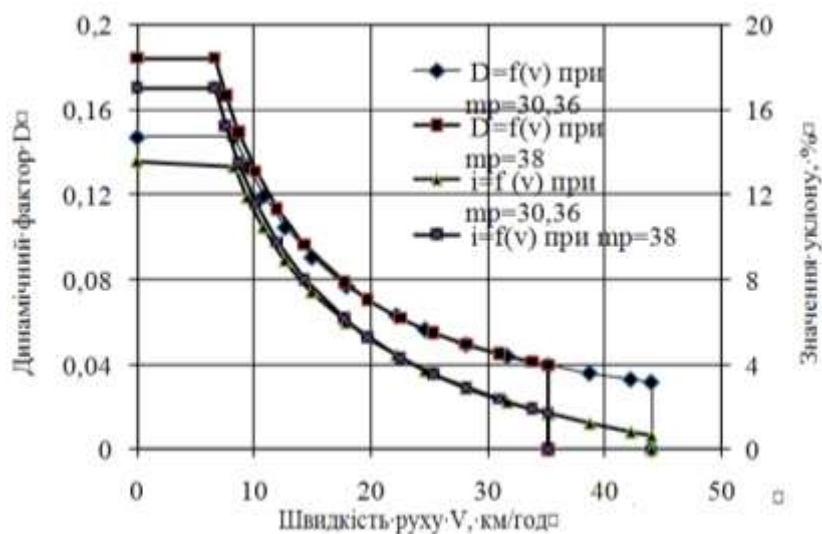


Рис 1. Граничні динамічні характеристики самоскиду БелАЗ -75131 при застосуванні РМК з передаточними числами $\mu_p=30$ та $\mu_p=38$

Відповідно до динамічної характеристики, самоскид із передаточним числом РМК 38 має більші значення динамічного фактору, тому використання даного редуктора раціонально в умовах надглибоких кар'єрів, тобто при експлуатації машин на максимальних ухилах коли висота підйому гірничої маси, обмежена граничною температурою нагріванням електричних машин. Максимальний ухил, що може бути подоланий самоскидом з передаточним числом РМК рівним 38, досягає 17%, а з передаточним числом РМК 30,36 - 15%.

Середньотехнічна швидкість руху машини у вантажному напрямку з урахуванням ухилу й глибини кар'єру розрахована за допомогою формули [4]:

$$v_c = \frac{L_g + (H/i_c)}{[L_g/v_{mz} + (1/v_{mi}) \cdot (H/i_c)] \cdot K} \quad (4)$$

де L_g – сумарна довжина горизонтальних ділянок траси, км; H – глибина кар'єру, м; i_c – середній ухил похилих ділянок траси; v_{mz} , v_{mi} – технічні швидкості руху відповідно на горизонтальних ділянках і ділянках з ухилом, км/год; K – поправочний коефіцієнт зменшення реальної швидкості в порівнянні з розрахунковою.

Технічні швидкості руху на горизонтальних і похилих ділянках визначаються по граничній динамічній характеристиці самоскида. Користуючись даною методикою були визначені середньотехнічні швидкості руху самоскидів для семи обраних технологічних трас Ганнівського кар'єру у відповідності до передатних чисел РМК. На рис. 2. і 3 представлені результати визначення середньотехнічної швидкості руху повністю навантаженого самоскида БелАЗ-75131 в залежності від передаточного відношення РМК у вигляді графіків зміни швидкостей на відповідних ділянках трас західної і східної частини Ганнівського кар'єру.

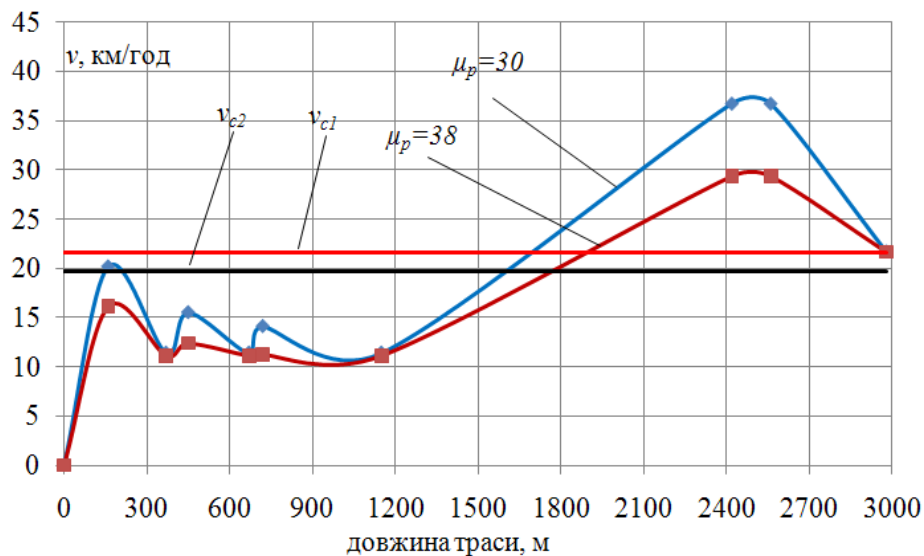


Рис 2. Графіки зміни швидкості руху повністю навантаженого самоскида БелАЗ-75131 при русі з -60 горизонту до перевантажного майданчика на +15 горизонті західної частини Ганнівського кар'єру в залежності від передаточного відношення РМК

На горизонтальних ділянках швидкості руху самоскида з передаточним числом РМК, рівним 30,36 досягають 33-36 км/год. за умови, якщо довжина ділянки траси дозволяє розвинути ці швидкості, (див рис. 3). Всі розрахункові швидкості на горизонтальних ділянках не виходять за межі обмеження максимальної швидкості руху самоскидів в кар'єрі.

Таким чином, збільшення швидкості руху за рахунок використання РМК із передаточним числом 30,36 можливо на горизонтальних ділянках трас, частка яких становить 56,3% від загальної довжини доріг Ганнівського кар'єру, при цьому середньотехнічна швидкість транспортування підвищиться від 8,0 до 9,7%, що у свою чергу, зможе забезпечити ріст продуктивності роботи самоскидів.

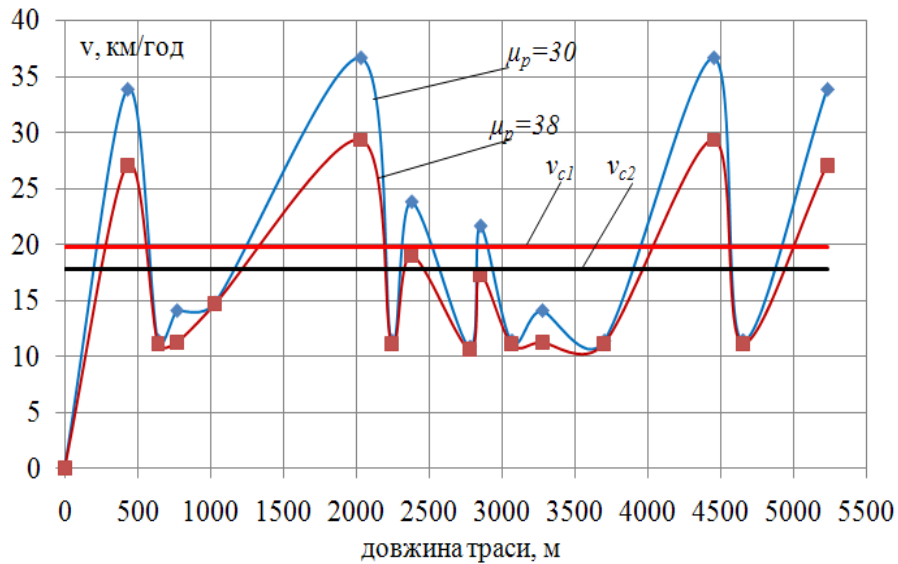


Рис 3. Графіки зміни швидкості руху повністю навантаженого самоскида БелАЗ-75131 при русі з -135 горизонту до перевантажного майданчика на 0 горизонті східної частини Ганнівського кар'єру в залежності від передаточного відношення РМК

При розрахунках річної продуктивності самоскида були прийняті усереднені величини експлуатаційних параметрів і формули, які використовуються в практиці планування й аналізу роботи кар'єрного автотранспорту. Результати розрахунків сформовано до таблиці 3. За рахунок використання на самоскидах РМК із передаточним числом 30,36 в гірничотехнічних умовах Ганнівського кар'єру, можливе збільшення продуктивності самоскидів на всіх технологічних трасах. В цілому ж по кар'єру можна очікувати збільшення продуктивності - на 8,2%.

Таблиця 3

Продуктивність самоскида БелАЗ-75131 залежно від передаточного числа РМК

№ п/п	Траса	Відстань транспортування, км	Швидкість руху, км/год		Годинна продуктивність, т/ч	
			Передаточне число РМК 30,36	Передаточне число РМК 38	Передаточне число РМК 30,36	Передаточне число РМК 38
1	1	2,316	19,90	18,30	395	371
2	2	2,98	21,65	19,68	347	322
3	3	5,300	19,73	17,80	202	184
4	4	5,370	20,88	18,63	207	187
5	5	3,370	17,79	16,25	269	249
6	6	2,700	19,46	17,39	345	316
7	7	3,932	17,65	15,95	234	215
8	Середнє значення	3,700	19,60	17,70	269	247

Збільшення відстані транспортування приводить до зниження годинної продуктивності як об'ємів перевезеної гірничої маси внаслідок зниження швидкості на поворотах і частих переломах профілю траси й збільшення тривалості рейсу, що наглядно ілюструє рис. 4.

Вплив середньозваженого уклону трас руху на середньотехнічну швидкість і об'єм виконаної транспортної роботи на рік зображено на рис 5.

З поглибленням кар'єру відстань транспортування також збільшується, що приводить до зниження продуктивності кар'єрного автотранспорту. Самі короткі траси розташовані в середній частині Ганнівського кар'єру й на них розрахункова годинна продуктивність більше, ніж в інших частинах кар'єру.

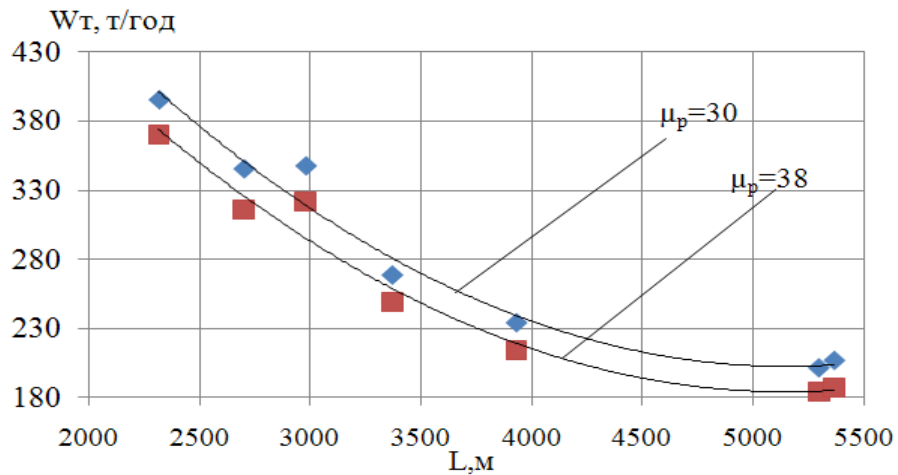


Рис 4. Залежність годинної продуктивності самоскиду від відстані перевезень гірничої маси.

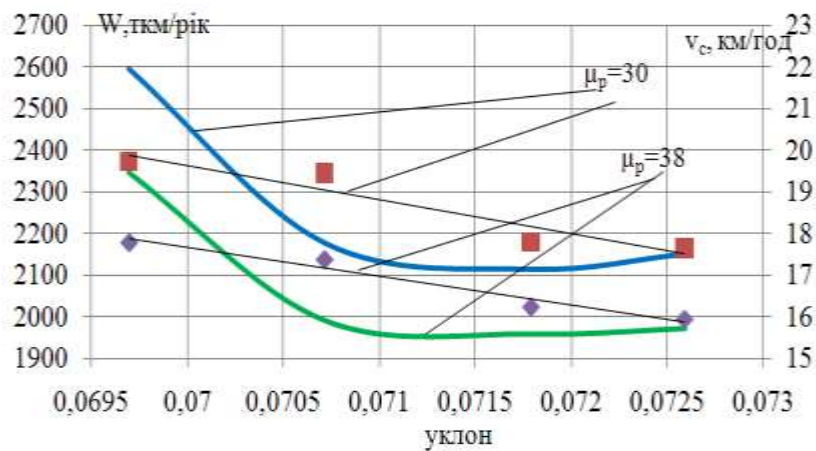


Рис 5. Залежність річної продуктивності і середньотехнічної швидкості самоскиду від ухилу технологічної траси

Залежність годинної продуктивності самоскидів Белаз-75131 від висоти підйому гірничої маси в Ганнівському кар'єрі представлена на рис. 6.

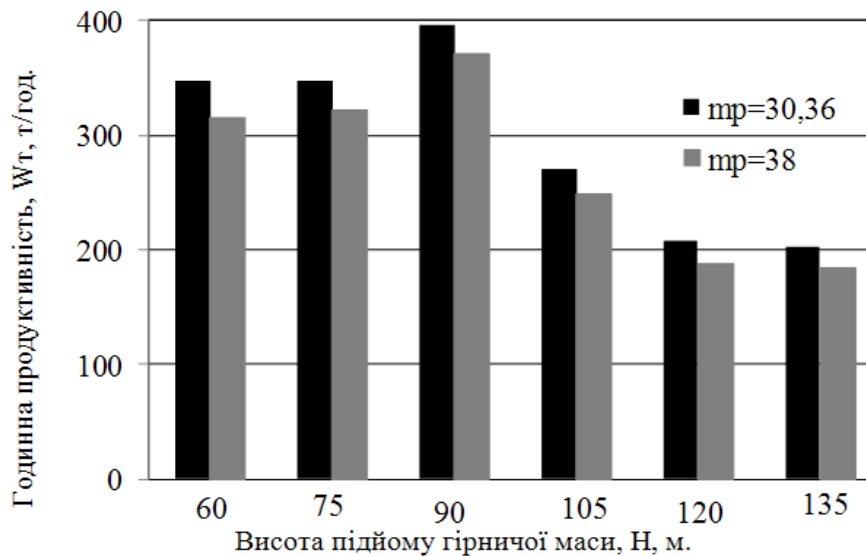


Рис. 6. Залежність продуктивності самоскида самоскидів Белаз-75131 від висоти підйому гірничої маси.

Висновки:

1. Аналітично встановлено, що для умов Ганнівського кар'єру технічні швидкості руху самоскидів БелАЗ-75131 у тяговому режимі з використанням повної вільної потужності дизеля, на горизонтальних ділянках трас будуть вище при використанні РМК із передаточним числом 30,36 у порівнянні з самоскидом, що обладнано передаточним числом РМК, рівним 38.

2. Виходячи з дорожньо-транспортних умов Ганнівського кар'єру, доцільне придбання й експлуатація самоскидів БелАЗ-75131, обладнаних РМК із передаточним числом 30,36. При виході з ладу й плановій заміні РМК [4], рекомендується також установка РМК із передаточним числом 30,36. Ці заходи дозволять збільшити річну продуктивність роботи самоскидів, як обсягу транспортної роботи і як об'єму перевезеної гірничої маси на 8,2%.

3. Для кар'єрів, де експлуатуються самоскиди Белаз-75131, з ухилами, які прагнуть до 15%, необхідно використовувати РМК із передаточним числом 38, це буде сприяти оптимальним умовам роботи електричних машин.

Подальші дослідження будуть спрямовані на проведення натурних експериментів, а саме порівняння експлуатаційних показників роботи кар'єрних самоскидів Белаз-75131 з передаточними числами РМК 30,36 та 38 на семи визначених трасах Ганнівського кар'єру.

1. Казарез А.Н., Кулешов А.А. Эксплуатация карьерных самосвалов с электромеханической трансмиссией. – М.: Недра, 1988.- С.78-102.
2. Электропривод тяговый карьерных самосвалов грузоподъемностью 120-130 тонн. Техническое описание. - «ПО Белорусский автомобильный завод».- С. 7-10.
3. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. – СПб: Наука, 2004. - С.146-152.
4. Выбор организации замены основных агрегатов автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 120 т / Монастырский Ю.А. - Разработка рудных месторождений, 2008, вып. № 92.- С. 148-152.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2014

**І.А.Вікович , Б.М.Дівесв, Т.Б.Коваль, В.Є.Мартин
НУ "Львівська політехніка"**

ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНОГО ТИПУ МАЯТНИКОВИХ ДИНАМІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛИВАНЬ

В статті розглядаються методи розрахунку та оптимізації різного типу динамічних гасників коливань маятникового типу для зменшення вібрації подовгастих елементів. Представлені дискретно-континуальні моделі динаміки великогабаритних подовгастих елементів на базі теорії балки Тимошенка з присоединеними дискретними елементами. Отримані алгоритми зменшення вібрації подовгастих елементів машин. Основна мета даної роботи є дослідження і оптимізація динамічних гасників коливань різного типу. Розроблено методику оптимізації динамічних гасників коливань для зменшення надмірної вібрації системи балок Тимошенка при гармонійному та ударному змушенні.

Ключові слова: динамічний гасник коливань, маятникового типу, подовгастий елемент, система мас і пружин, адаптивні схеми, оптимізація

Рис.6. Форм. 12. Літ 8.

И.А.Викович , Б.М.Дивеев, Т.Б.Коваль, В.Е.Мартын

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗНОГО ТИПА МАЯТНИКОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ

В статье рассматриваются методы расчета и оптимизации различного типа динамических гасителей колебаний маятникового типа для уменьшения вибрации продолговатых элементов. Представлены дискретно - континуальные модели динамики крупногабаритных продолговатых элементов на базе теории балки Тимошенко с присоединенными дискретными элементами. Полученные алгоритмы уменьшения вибрации продолговатых элементов машин. Основная цель данной работы является исследование и оптимизация динамических гасителей колебаний различного типа. Разработана методика оптимизации динамических гасителей колебаний для уменьшения чрезмерной вибрации системы балок Тимошенко при гармоническом и ударном возбуждении.

Ключевые слова : динамический гаситель колебаний, маятникового типа, продолговатый элемент, система масс и пружин, адаптивные схемы, оптимизация

I.Vikovych, B.Diveyev, T.Koval, V.Martyn

DIFFERENT TYPE PENDULUM TYPE DYNAMIC VIBRATION ABSORBERS APPLICATION

The paper deals with the methods of calculation and optimization of pendulum type dynamic vibration absorbers for elongated elements vibration decreasing. The discrete-continue models of elongated overall elements based on Timoshenko beam theory with the attached discrete elements are offered. The algorithms for vibration decreasing of elongated machine elements are received. The main aim of this paper is different type dynamic vibration absorbers investigation and optimization. A technique is developed to give the optimal dynamic vibration absorbers for the elimination of excessive vibration in harmonic and impact forced Timoshenko beams system.

Key words: dynamic vibration absorber, pendulum type, elongated elements, spring-mass system, Timoshenko beam, adaptive schemes, optimization

Вступ. Вібрація в машинах і спорудах відіграє негативну роль, за виключенням класу машин, що використовують вібрацію для здійснення технологічних процесів (вібротранспортери, віброущільнювачі, віброоброблювальні машини тощо). Вібрація діє негативно як на споруди та машини, так і на людину. Близько 70% конструкцій руйнуються внаслідок впливу вібрації. Небезпечна вібрація і для організму людини. Вона викликає різноманітні захворювання і значно знижує рівень комфортності навіть при незначних амплітудах коливань. Ефективним способом зменшення рівнів вібрації є динамічний гасник коливань (ДГК).

Аналіз останніх досліджень. ДГК широко застосовуються в техніці [1,2]. ДГК бувають різних типів. Однак основний принцип функціонування ДГК – це поглинання вібраційної енергії за рахунок приєднання до основної конструкції додаткових мас на пружинах. При відповідному налаштуванні ці маси інтенсивно коливаються і поглинають значну частину енергії.

ДГК поділяються на пасивні, активні та напіваактивні. Пасивні ДГК можна у першому наближенні вважати еквівалентними масі на пружині. Активні ДГК містять додаткове джерело

©І.А.Вікович , Б.М.Дівесв, Т.Б.Коваль, В.Є.Мартин

енергії, яке діє у протифазі зі збурюючою силою. Напівактивні (адаптивні) ДГК містять ланку керування пружним або демпфуючим елементом. Проте два останні різновиди неодмінно використовують як конструктивний елемент деякий пасивний ДГК. Тобто, в усіх випадках при розв'язанні задачі оптимального проектування ДГК виникає задача оптимізації його конструкції. Проте при широкому частотному спектрі зовнішніх збурень, що викликаються різноманітними чинниками, можливе виникнення резонансних коливань. Пасивні ДГК довгий час широко використовуються у будівництві для захисту висотних споруд від вітрових та сейсмічних навантажень [3]. Широко застосовуються ДГК маятникового типу.

У даній роботі запропоновано алгоритм розрахунку подовгастих елементів машин на основі використання теорії балки Тимошенка змінного перерізу [4]. Застосовуються дискретно-континуальні моделі [5-8], що враховують гнучкість елементів конструкції, а, особливо, гнучкість великогабаритних подовгастих штанг обприскувачів, стріл пожежних машин, веж пересувних бурових установок, тощо.

Постановка задачі. Часто конструкцію можна схематизувати при розрахунку вібраційних навантажень як з'єднання одного континуального елемента з декількома дискретними (рис. 1).

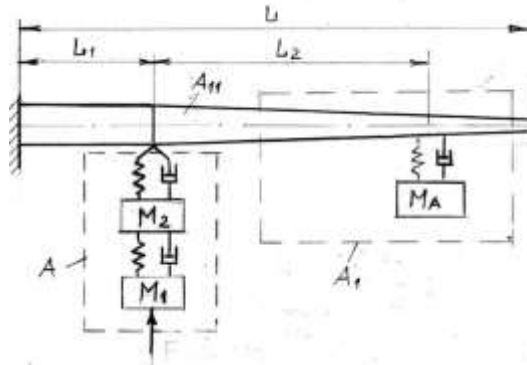


Рис 1. З'єднання одного континуального елемента з декількома дискретними

Розглянемо випадок, коли до подовгастого континуального елемента A_c приєднані деякі дискретні елементи не лише на краях, але й у точках X_i посередині прольоту. Можна застосувати як координатні функції деяку систему функцій, що задані одним аналітичним виразом на всій довжині A_c . При розгляді конструкційних подовгастих елементів, що мають складний переріз більш адекватною, особливо при динамічному навантаженні, є розрахункова схема (Р.С.), що базується на балці Тимошенка [4]. У цій Р.С. для одновимірного континуального елемента приймається гіпотеза

$$U(X, Y, Z) = U_0(X) + \gamma(X)Z, W(X, Y, Z) = W_0(X). \quad (1)$$

При підстановці цих співвідношень у варіаційне рівняння принципу Гамільтона-Остроградського отримуємо таке співвідношення:

$$\int_0^L \left(EI \frac{\partial \gamma}{\partial x} \delta \frac{\partial \gamma}{\partial x} + GF \left(\gamma + \frac{\partial W}{\partial x} \right) \delta \gamma + \rho I \frac{\partial^2 \gamma}{\partial t^2} \delta \gamma + GF \left(\gamma + \frac{\partial W}{\partial x} \right) \delta \frac{\partial W}{\partial x} + \rho F \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \delta W \right) dx = F \quad (2)$$

F - це зусилля викликані як реакціями в затисненнях, так і активними зовнішніми збуреннями та пасивними інерційними від приєднаних до A_c жорстких масивних тіл A_m^i . Якщо вважати реакції у затисненнях Вінклерівськими (пропорційними стиску-розтягу), а A_m^i жорстко приєднаними до A_c , то отримаємо рівняння для F :

$$F = \int_0^{L_2} E_k(x) \cdot (W - W_0) \delta W \cdot dx + E_\ell (W(x_\ell) - W_0(x_\ell)) \delta W(x_\ell) + \sum_{m=1}^{M_i} \left(I_m \cdot \frac{\partial^2 \gamma(x_m)}{\partial t^2} \right) \delta(x_m) + \sum_{m=1}^{M_i} \left(m_m \cdot \frac{\partial^2 W(x_m)}{\partial t^2} \right) \delta W(x_m). \quad (3)$$

Тут E_k – коефіцієнти “постелі” закріплення A_c , W_0 – задане поперечне збурення, I_m , M_m – відповідно моменти інерції (у площині коливань) та маси приєднаних жорстких тіл.

За координатні функції можна вибрати відрізки степеневих рядів. Візьмемо такі розклади:

$$W = q_i^w(t) \cdot x^i, \quad \gamma = q_i^\gamma \cdot x^{(i-1)}. \quad (4)$$

При підстановці (4) в (2) із врахуванням (1) отримаємо систему звичайних диференціальних рівнянь на невідомі функції q

$$M_\gamma \frac{d^2 \vec{\gamma}}{d \cdot t^2} = K_\gamma \cdot \vec{\gamma} + K_w^\gamma \cdot \vec{w}; \quad M_w \frac{d^2 \vec{w}}{d \cdot t^2} = K_w^\gamma \cdot \vec{\gamma} + K_w^w \cdot \vec{w} + \vec{j}. \quad (5)$$

Тут для скорочення запису введені вектори

$$\vec{\gamma} = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)^T; \quad \vec{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T;$$

та відповідні матриці M , K також розмірності n .

Якщо до континуального елемента приєднані деякі маси на пружинах, то визначимо додаткові варіації кінетичної та потенціальної енергії

$$\delta K_d = \sum_{i=1}^N m_i (\dot{x}_i \delta x_i + \dot{y}_i \delta y_i), \quad \delta U_d = \sum_{i=1}^N k_i(t, X_i, Y_i, x_i, y_i) ((X_i - x_i)(\delta X_i - \delta x_i) + (Y_i - y_i)(\delta Y_i - \delta y_i)) \quad (6)$$

Тут x_i, y_i – переміщення мас, X_i, Y_i – переміщення точок закріплення цих мас, k_i – жорсткості в’язей. З врахуванням (6) отримуємо такі співвідношення

$$M_\gamma \frac{d^2 \vec{\gamma}}{d \cdot t^2} = K_\gamma \cdot \vec{\gamma} + K_w^\gamma \cdot \vec{w} + K_d^\gamma w_d; \quad M_w \frac{d^2 \vec{w}}{d \cdot t^2} = K_w^\gamma \cdot \vec{\gamma} + K_w^w \cdot \vec{w} + K_d^w + \vec{j}, \quad (7)$$

$$M_d \frac{d^2 \vec{w}_d}{d \cdot t^2} = K_w^d \cdot \vec{\gamma} + K_w^d \cdot \vec{w} + K_d w_d + \vec{j}_d.$$

Величини з індексом (d) відповідають дискретним елементам.

Рівняння (7) записані для ДГК пружного типу з масою M_a та жорсткістю пружного елемента k_a (рис. 2а).

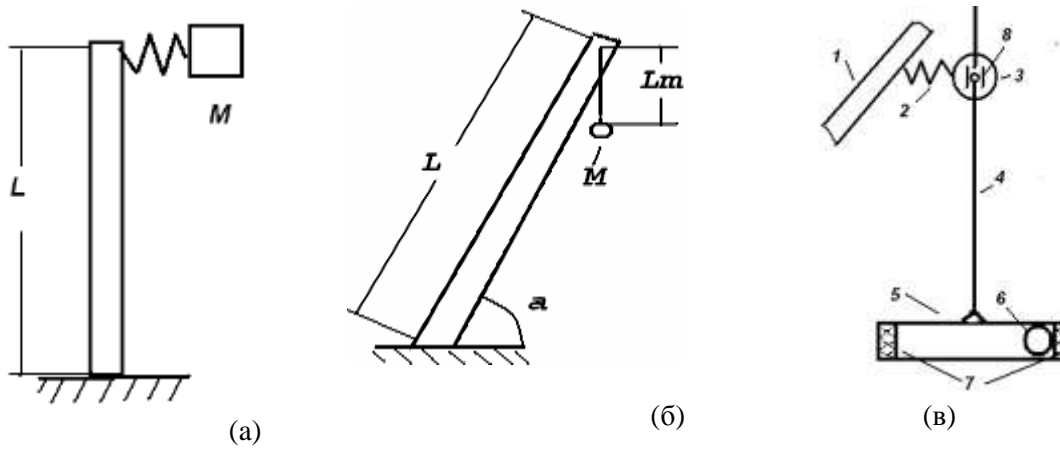


Рис. 2. Різні типи ДГК: (а) – одномасовий: маса на пружині; (б) – простий маятниковий; (в) – маятниковий з додатковими елементами

У випадку маяткового ДГК (рис. 2б) варіації додаткових кінетичної K_m та потенціальної енергій U_m будуть:

$$\delta K_m = M \left(\frac{\partial X_m}{\partial x} \left(\frac{\partial X_m}{\partial x} \right) + \frac{\partial Y_m}{\partial x} \left(\frac{\partial Y_m}{\partial x} \right) \right), \quad \delta U_m = -MgL_M \sin(\alpha_M), \quad (8)$$

де

$$X_m = w_1 \varphi_1(x_a) \cos(\alpha) + L_M \cos(\varphi_M), \quad Y_m = w_1 \varphi_1(x_a) \sin(\alpha) - L_M \sin(\varphi_M).$$

Тут L_M – довжина маятника, M – його маса, φ_M – кут повороту.

На рис.3. показані АЧХ для балки з маятником ДГК при різних параметрах. Розглядався стержень постійного січення з власною частотою коливаний 0.5Гц.

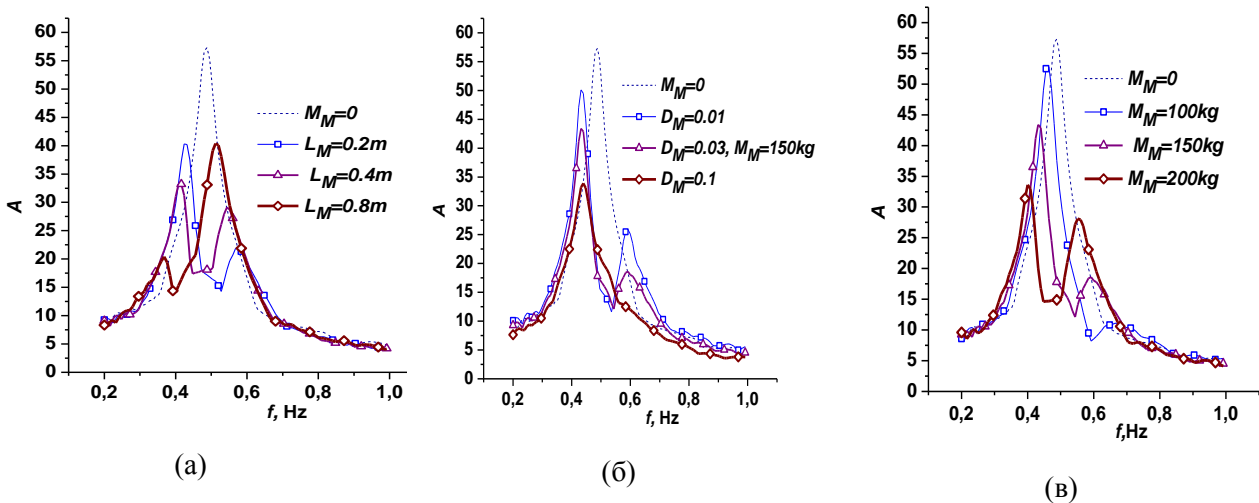


Рис. 3. АЧХ для балки з маятником ДГК при різних параметрах: (а) – різні довжини L_M маятника; (б) – різне демпфування D_M ; (в) – різні маси M_M

На рис. 4 показаний характер коливаний при різних частотах збурення.

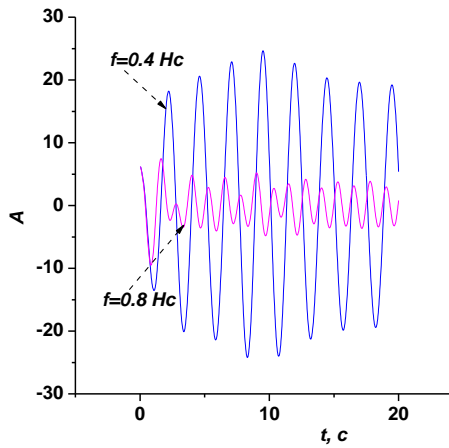


Рис. 4. Характер коливань при різних частотах збурення

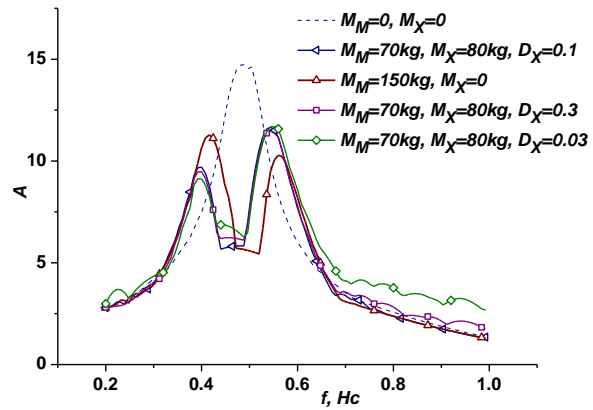


Рис. 5. Вплив параметрів ДГК на рівень віброзахисту у частотному діапазоні

Як показують і АЧХ (рис.3), амплітуда коливань значно зменшується при застосуванні ДГК на частоті 0.8 Гц.

ДГК маятникового типу з додатковою ударною масою. Для маятника з ударною масою (рис. 2в) додаткові величини кінетичної та потенціальної енергії ударної маси будуть

$$K_{amx} = M_x \left(\frac{dx_x^2}{dt} + 2 \frac{dx_a}{dt} \left(-x_x \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt} + \cos \varphi \frac{dx_x}{dt} \right) + 2L \frac{dx_x}{dt} \frac{d\varphi}{dt} \right), \quad (9)$$

$$\delta U_x = -M_x g \sin \varphi \delta x_x - M_x (L \sin \varphi + x_x \cos \varphi) \delta \varphi .$$

Врахуємо варіацію енергії змінання пружних вставок при ударі маси

$$\delta U_v = -MmK_v(x_x - A)|x_x| > A; \quad \delta U_v = 0 \quad |x_x| < A \quad . \quad (10)$$

При врахуванні рівнянь (7-10) отримуємо систему нелінійних рівнянь

$$[M_R] \frac{d^2 \vec{R}}{dt^2} + F(\vec{R}) = \vec{f} . \quad (11)$$

Тут $[M_R]$ – повна матриця інерції, F – нелінійна векторна функція від аргументів $\vec{R} = (\vec{q}, \vec{p}, X_m, Y_m)$.

Розглянемо докладніше ДГК з ударною масою. На рис. 5 показано вплив його параметрів на рівень віброзахисту у частотному діапазоні.

Оптимальне проектування ДГК. Розглянемо оптимізацію ДГК з ударною масою (рис. 2в). Вар'ювалися такі параметри ДГК: M_x – додаткова ударна маса; A – кліренс ударної маси; D_x – демпфування ударної маси; D_Gx – демпфування в пружних вставках; L – довжина маятника; DM – демпфування у шарнірному вузлі закріплення маятника; Da – демпфування у додатковій пружині; Ka – жорсткість додаткової пружини; CiL – цільова функція. Загальна маса ДГК – 8кг. Вага вузла закріплення ДГК – 1кг. Також, при фіксації деяких параметрів, ми отримуємо ДГК типу (а) і (б) з рис. 2. На рис. 6 показано результати оптимізації різних ДГК.

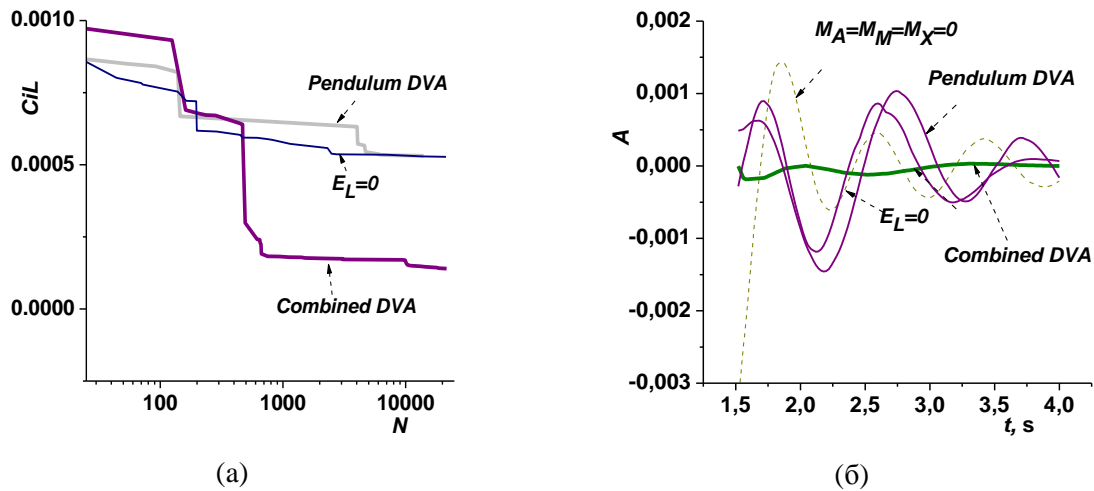


Рис. 6. Результати оптимізації різних ДГК: пружного типу ($E_L = 0$), маятникового (Pendulum DVA) і комбінованого (Combined DVA): (а) – цільові функції; (б) – характер коливань при початковому ударному збуренні через 1.5 с.

Тут за цільову функцію вибиралося максимальне відхилення кінця балки при ударному збуренні після деякого проміжку часу:

$$CiL = \text{MAX}(|W(t)|)_{t>T_0} . \quad (12)$$

Тут T_0 – деяке значення часу, коли закінчуються перехідні процеси і встановлюються усталені коливання (звичайно, при достатньому демпфуванні це 5, 6 циклів коливань). У даному випадку $T_0 = 1.5c$.

Висновки. Для зменшення рівнів вібрації машин з подовгастими елементами доцільно застосовувати ДГК. Для вирішення інженерної задачі оптимального проектування конструкції ДГК треба вирішити ряд інженерних задач: оптимізація вібропоглинаючих властивостей ДГК в достатньо широкому частотному діапазоні, довговічність конструкції, габарити, вартість. Для подовгастого елемента наведено приклад конструкції малогабаритного простого ДГК, що має перевагу над рядом широкоживаних при ударному збуренні. Ця конструкція ДГК може бути застосована і як основа конструкції адаптивних ДГК.

1. Вибрации в технике. Т.6. Защита от вибрации и ударов. –М.: Машиностроение. 1981. – 456с.
2. Den Hartog, J. P. (1956), Mechanical Vibrations (4th edition) Mc Graw-Hill, New York.
3. H.W. Klein, W. Kaldenbach, A new vibration damping facility for steel chimneys, in: Proc. Conf. Mechanics in Design, Trent University of Nottingham, UK, 1998, pp. 265–273.
4. Timoshenko S.P. (1922) On the transverse vibrations of bars of uniform cross-section. Philosophical Magazine 43: 125–131
5. Дівеєв Б.М., Вікович І.А., Бутитер І.А., Ройко Ю.Я., Керування вібраційними процесами динамічних гасників коливань в сільгоспагрегатах з обертовими елементами // Вісн. Національного університету “Львівська політехніка” Сер. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. – № 40, 2006. – С.99–105.
6. Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А., Дівеєв Б.М. Зменшення коливань штанги обприскувача за допомогою динамічних гасників коливань // Зб. наук. пр. Асоціації “Автобус” Проектування, виробництво та експлуатація автомобільних засобів і поїздів. – Львів, 2006. – Вип. № 9. – С. 47–52.
7. Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А. Динаміка мобільних машин з начіпними функціональними елементами// Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008.–496 с.
8. Diveyev Bohdan, Vikovych Igor, Dorosh Ihor, Kernytssyy Ivan. Different type vibration absorbers design for beam-like structures. Proceeding of ICSV19, Vilnius, Lithuania, July 08-12, 2012.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2014

}

УДК 631.333: 631.82

П.І.Вітрух, І.П.Вітрух, В.С.Спічак
Національний транспортний університет
ОБГРУНТУВАННЯ ВАНТАЖНОСТІ ТА МІСТКОСТІ КУЗОВІВ
ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

Обгрунтовано методичний підхід до обгрунтування і визначення доцільної вантажності та місткості кузовів напівпричіпних транспортно-технологічних машин і агрегатів (ТТА) для агропромислового виробництва, на основі порівняння і співставлення годинної вартості експлуатації транспортно – технологічного агрегату (ТТА) і його продуктивності, а отже, і прямих питомих витрат, врахувавши при цьому і основні виробничо – господарські чинники, що характеризують умови роботи ТТА.

Ключові слова: доцільна вантажність, місткості кузовів напівпричіпні транспортно-технологічні машини, транспортно-технологічні агрегати, годинна вартість експлуатації, прямі питомі витрати, виробничі умови.

Рис.4. Табл.1. Форм.19. Літ. 16.

П.И.Витрух, И.П.Витрух, В.С.Спичак
ОБОСНОВАНИЕ ГРУЗОПОДЕМНОСТИ И ВМЕСТИМОСТИ КУЗОВОВ
ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Обосновано методический подход к обоснованию и определению целесообразности грузоподъемности и вместимости кузовов полуприцепных транспортно-технологических машин и агрегатов (ТТА) для агропромышленного производства, на основе сравнения и сопоставления часовой стоимости эксплуатации транспортно – технологического агрегата (ТТА) и его производительности, а также, и прямых удельных расходов, учитывая при этом и основные производственно – хозяйственные факторы, характеризующие условия работы ТТА.

Ключевые слова: целесообразная грузоподъемность, вместимость кузовов полуприцепных транспортно-технологических машин, транспортно-технологические агрегаты, часовая стоимость эксплуатации, прямые удельные расходы, производственные условия.

P.Vitrukh, I.Vitrukh, V.Spichak
GROUND OF VANTAJNOSTI AND CAPACITIES OF BASKETS
TRANSPORT - TECHNOLOGICAL MACHINES

The methodical going is reasonable near a ground and determination of expedient load and capacity of baskets of semitowed transport – technological machines and aggregates (TTA) for an agroindustrial production, on the basis of comparison and comparison of sentinel cost of exploitation transport - technological aggregate (TTA) and his productivity, and thus, and direct specific charges, taking into account here and basic productive are economic factors that characterize terms of work of TTA.

Basic indexes that characterize the terms of work of TTM for top-dressing are: distance of moves of machine to the place of loading of fertilizers of L_n ; sizes of the processed areas of S ; norm of top-dressing of q .

Key of words: expedient вантажність, capacities of baskets semitowed transport- technological machines, transport are technological aggregates, sentinel running cost, lines are specific in

Постановка проблеми. В сільськогосподарському виробництві та автодорожньому господарстві значний обсяг робіт припадає на так-звані транспортно-технологічні роботи. Ці роботи виконуються транспортно-технологічними агрегатами (ТТА), що виконують і транспортну і технологічну роботу. Такі агрегати широко використовуються автодорожніми службами для посипання автомобільних і пішохідних доріг у зимовий період. До них відносяться МТА в складі розкидачів мінеральних і органічних добрив та обприскувачів.

В залежності від способу агрегування, типу технологічної машини і типу енергетичного засобу вони можуть бути автомобільні (навісні) і тракторні (напівпричіпні) Загальний вигляд машинних агрегатів вітчизняних виробників показані на рис.1, рис.2., заграничних фірм на рис. 3 [1-3].



a) 1024x682 501kb JPEG

КрАЗ-65055-МДКЗ-30



б)

Мульти УАЗ-73 3883

Рис.1. Автомобільний транспортно – технологічний начіпний агрегат: а – на шасі автомобіля КрАЗ- 65055; б- на шасі УАЗ 33036



а)



б)

Рис.2.Тракторний транспортно – технологічний напівпричіпний агрегат: а-машина МРД-8; б- машина МРД-4.



а)

Начіпна модель «Big Wheels»
фірми «Big Wheels» (США)



б)

Напівпричіпна модель ZG-B 7001
«Amazonen-Werke» (Німеччина)

Рис.3. Транспортно – технологічні агрегати іноземного виробництва: а) автомобільний начіпний; б – тракторний напівпричіпний.

Визначальним етапом в процесі розробки і впровадження нових чи удосконалення існуючих машин є обґрунтування параметрів конструкцій які б забезпечували підвищення технічного рівня машин їх технологічність та ефективність використання.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. На сьогодні поки що не досконалі методики і недостатньо обґрунтовані конструктивні параметри ТТМ такі як вантажність та місткість кузова які є однією з основних проектних характеристик машини і можуть служити в якості часткового критерію корисності і ефективності МТА.

Задачі досліджень. Для вирішення даної задачі необхідно провести аналітичні дослідження і узагальнення існуючих методів і системних аспектів обґрунтування параметрів транспортно – технологічних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження з питань транспортування і внесення добрив і засобів захисту рослин в технологічних процесах вирощування культур, використання МТП в конкретних виробничих умовах, їх кількості і ефективності в рослинництві базуються на положеннях теорії використання машинно – тракторного парку в с.-г. Основи цієї теорії розроблені в працях учених [4-9].

Основними техніко - експлуатаційними параметрами транспортно – технологічних машин (ТТМ) для внесення добрив є: вантажність Q ; робоча ширина захвату B ; робоча швидкість U_p .

Доцільність зміни цих параметрів, а також ефективність використання машини можна оцінити за допомогою такого критерію як питомі прямі витрати (прямі експлуатаційні витрати грошових коштів на виконання одиниці роботи) [10-13]

$$U = \frac{C}{W},$$

де U – прямі питомі витрати, грн/ткм (га); C - годинна вартість експлуатації агрегату, грн / год; W - годинна продуктивність, ткм (га) / год.

Зрозуміло, що машина буде мати найвищі виробничо-економічні показники при оптимальних значеннях техніко - експлуатаційних параметрів, які повинні мати мінімальні питомі витрати.

Тому прямі питомі витрати є найбільш об'єктивний критерій, який визначає значення техніко - експлуатаційних параметрів ТТМ оскільки, як відомо, ні вартість експлуатації, ні продуктивність машини не можуть бути достатнім критерієм для вибору значень техніко - експлуатаційних параметрів.

Мета досліджень. Удосконалення і подальший розвиток методів обґрунтування і оптимізації параметрів транспортно – технологічних машин для транспортування і внесення добрив та інших технологічних матеріалів.

Основні результати досліджень. Визначити доцільну вантажність машини можна виразивши годинну вартість експлуатації транспортно– технологічного агрегату (ТТА) і його продуктивність, а отже, і прямі питомі витрати, врахувавши при цьому і основні виробничо–господарські чинники, що характеризують умови роботи даного ТТА.

Основними показниками, що характеризують умови роботи ТТМ для внесення добрив та хімічного захисту, є: а) відстань переїздів машини до місця завантаження добрив (технологічних матеріалів) L_n ; б) розміри оброблюваних ділянок S_y ; в) норма внесення добрив (технологічного матеріалу) q .

Експлуатаційні витрати, на 1 годину роботи агрегату, визначаються за формулою

$$C = C_z + C_g + C_n, \quad (1)$$

де C - експлуатаційні витрати, що припадають на 1 годину роботи, грн./год; C_z - годинна заробітна плата робітників, грн./ год; C_g - сума годинних відрахувань на реновацію, ремонти, технічне обслуговування і зберігання, грн./год; C_n - вартість витрачених за 1 годину роботи агрегату ПММ, грн./ год.

Годинна заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається відповідно до положень [10, 12]

$$C_z = T_1 k n_n, \quad (2)$$

де T_1 - годинна тарифна ставка оплати праці працівника 1- го розряду, грн. / год; k - коефіцієнт, що враховує доплати (за якість робіт та отриману продукцію, премії, надбавки за класність і стаж роботи, кваліфікацію, оплату відпусток і нарахування по соціальному страхуванню); n_n - кількість обслуговуючого персоналу.

Годинні відрахування на реновацію, ремонти, технічне обслуговування і зберігання енергетич

ного засобу (трактора, автомобіля) та ТТМ визначаються за формулою

$$C_6 = \frac{B_{e.3} P_{e.3}}{100 T_{e.3}} + \frac{B_m P_m}{100 T_m}, \quad (3)$$

де $B_{e.3}$ - балансова вартість енергетичного засобу, грн.; B_m - балансова вартість ТТМ, грн.; P_m - відрахування на реновацію, технічне обслуговування, ремонти та зберігання енергетичного засобу, %; P_m - відрахування на реновацію, технічне обслуговування, ремонти та зберігання машини, %; $T_{e.3}$ - річне завантаження енергетичного засобу, год; T_m - річне завантаження машини, год.

Балансова вартість ТТМ може бути визначена як сума ринкової реалізаційної (покупної) ціни (вартості) машини $Ц_m$ та затрат на її придбання і доставку у господарство які становлять 10...15% від ринкової ціни машини, тобто

$$B_m = (0.1 \dots 0.15) Ц_m$$

Ринкова реалізаційна ціна ТТМ може бути виражена виходячи з її вантажності.

Аналіз маси, вантажності і вартості ТТМ вітчизняного виробництва для внесення добрих дозволів встановити, що між їх масою і вантажністю, а так само між відпускнуою вартістю (реалізаційною ціною) машини (без урахування вартості додаткових робочих органів) і масою існують наступні кореляційні залежності:

$$\left. \begin{aligned} M_m &= 0,285Q + 1315 \\ Ц'_m &= 1,03M_m + 2475 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де M_m - маса базової машини (без урахування маси додаткових механізмів), кг; $Ц'_m$ - відпускна вартість (реалізаційна ціна) машини (без урахування маси додаткових механізмів), грн.

Підставляючи вираз для визначення M_m в $Ц'_m$ систему рівнянь(4) ми отримуємо залежність відпускнуої вартості машини від її вантажності.

$$Ц'_m = 1,03 \cdot (0,285Q + 1315) + 2475 = 0,294Q + 3904.$$

Тоді відпускна вартість машини, виражена через вантажність, з урахуванням вартості додаткових механізмів встановлених при модернізації може бути визначена за формулою

$$Ц_m = Ц_{d.m} + 0,294Q + 3904, \quad (5)$$

де $Ц_{d.m}$ - відпускна реалізаційна вартість додаткових механізмів, грн.

Потужність двигуна трактора, необхідна для агрегування з причіпною ТТМ (без урахування втрат потужності на буксування і підйом машини в залежності від кута нахилу поверхні поля до горизонту) згідно [9, 14]

$$N_e = \frac{(R_{ТТМ} + R_{mp})v_p}{3,6\eta_{mp}} + \frac{N_{всп}}{\eta_{всп}} \quad (6)$$

де N_e - потужність двигуна трактора, необхідна для агрегування з ТТМ, кВт; $R_{ТТМ}$ - тяговий опір руху ТТМ, кН; R_{mp} - опір коченню трактора, кН; η_{mp} - к.к.д. трансмісії трактора; $N_{всп}$ - потужність, що знімається з вала відбору потужності (ВВП) трактора для приводу робочих органів ТТМ, кВт; $\eta_{всп}$ - к.к.д. передавального механізму від ВВП трактора.

Опір коченню трактора за [7, 8] буде

$$R_{mp} = 10^{-3} g G_{mp} f_n, \quad (7)$$

де G_{mp} - конструктивна вага трактора, кг; f_n - коефіцієнт опору переміщення (кочення).

Тяговий опір руху ТТМ агрегату визначається за формулою [7,8]

$$R_{ТТМ} = 10^{-3} g G'_n f_n, \quad (8)$$

де G'_n - повна вага машини, кН.

Підставляючи вирази (7) і (8) у формулу (6), отримуємо

$$N_e = \frac{(G_n^1 + G_{mp}) f g v_p}{3,6 \cdot 10^3 \eta_{mp}} + \frac{N_{всп}}{\eta_{всп}}. \quad (9)$$

Повна вага ТТМ для внесення добрив складається з конструктивної ваги машини G_m і маси технологічного матеріалу Q , що знаходиться в кузові:

$$G_n^1 = G_m + Q = G_{д.м} + M_m + Q,$$

де $G_{д.м}$ - маса додаткових механізмів машини, кг.

Підставляючи в отриманий вираз формулу (4) отримуємо

$$G_n^1 = G_{д.м} + 1,285Q + 1315. \quad (10)$$

Потужність, яка витрачається на привід робочих органів машини за допомогою ВВП трактора, можна представити як суму потужності, що витрачається на привід подавального робочого органу (транспортера) $N_{всп.т}$, і потужності на привід розподільних робочих органів $N_{всп.р.о.}$. При цьому $N_{всп.т} = 0$, оскільки привід транспортера причіпної ТТМ буде здійснюватися від гідросистеми трактора, тоді

$$N_{всп} = N_{всп.т} + N_{всп.р.о.} = N_{всп.р.о.} \quad (11)$$

Підставляючи вирази (10) і (11) у формулу (9), отримуємо

$$N_e = \frac{[(G_{д.м} + 1,285Q + 1315) + G_{mp}] f g v_p}{3,6 \cdot 10^3 \eta_{mp}} + \frac{N_{всп.р.о.}}{\eta_{всп}}. \quad (12)$$

При цьому робоча швидкість руху агрегату приймається виходячи з виконання наступної умови: $10 \geq v_p \leq v_p^{max}$, тут v_p^{max} - максимально допустима швидкість транспортно-технологічного агрегату, км/год, що визначається виходячи з потужності двигуна, [5, 7]

$$v_p^{max} = \frac{3,6 \cdot 10^3 (N_{en} \eta_e - \frac{N_{ddn}}{\eta_{ddn}}) \eta_{mp}}{((G_u + 1,285Q + 1315) + G_{mp}) f g},$$

де η_{Ne} - допустимий коефіцієнт завантаження двигуна трактора.

Вартість витрачених за 1 годину роботи агрегату паливно-мастильних матеріалів можна наближено визначити за формулою [10, 14, 15]

$$C_n = C_{нк} g_e N_e, \quad (13)$$

де $C_{нк}$ - комплексна ціна паливно-мастильних матеріалів, грн/га; g_e - питома витрата палива на одиницю потужності, г/Вт. год.

Після підстановки залежностей (2), (3) і (13) у формулу (1) годинна вартість експлуатації становить

$$C = T_1 k n_n + \frac{B_m P_m}{100 T_m} + \frac{B_{ТТМ} P_{ТТМ}}{100 T_{ТТМ}} + C_{нк} g_e N_e$$

Тут величина N_e визначається за формулою (12), а балансова вартість машини B_m за формулою (5).

Продуктивність агрегату за 1 годину змінного часу визначається з розрахунку нормативів часу на обробку 1 га

$$W = \frac{T_{оч}}{T_{за}},$$

де $T_{оч}$ - оперативна частину часу однієї години роботи; $T_{за}$ - час обробки 1 га.

Оперативна частина часу 1 год роботи агрегату

$$T_{оч} = 1 - (t_{мо} + t_{ф}), \quad (14)$$

де $t_{мо}$ - тривалість зупинок на проведення технічного обслуговування трактора і машини, що при падають на 1 год роботи, год; $t_{ф}$ - тривалість зупинок на фізіологічні потреби відповідно, які при падають на 1 год роботи, год.

Час технологічної роботи ТТМ (обробки) 1 га при внесенні добрив, год/га

$$T_{за} = T_{рх} + T_{нов} + T_{зв} + T_{неп}, \quad (15)$$

де $T_{нов}$ - час, що витрачається на повороти при обробці 1 га, год/га

$$T_{нов} = \frac{t_n}{0,36LB_p}, \quad (16)$$

t_n - час одного повороту агрегату, с; L - довжина гону, м.

За даними ГОСНИТИ [16], між площею оброблюваних ділянок і довжиною гону є наступна залежність

$$L = 60S^{0,7},$$

де S - площа оброблюваної ділянки, га;

Час робочих ходів $T_{рх}$, необхідний для обробки 1 га, год/га

$$T_{рх} = \frac{1}{0,1B_p v_p}, \quad (17)$$

$T_{неп}$ - час, що витрачається на переїзди при обробці 1 га, год/га

$$T_{неп} = \frac{2qL_n}{Qv_m} + \frac{t_{нз}q}{Q} + \frac{t_{неп}}{S}, \quad (18)$$

L_n - відстань переїзду машини до місця завантаження, км; v_m - транспортна швидкість, км / год; $t_{нз}$ - час одного підїзду агрегату до місця навантаження, год; $t_{неп}$ - час одного переїзду агрегату з ділянки на ділянку, год; $T_{зв}$ - час, що витрачається на завантаження вантажу (добрив) при обробці 1 га, год/га.

Час одного переїзду з ділянки на ділянку буде

$$T_{неп} = \frac{L_0}{V_p},$$

де L_0 - відстань одного переїзду з ділянки на ділянку, км.

Підставляючи отриманий вираз в (18), отримуємо

$$T_{неп} = \frac{2qL_n}{Qv_m} + \frac{t_{нз}q}{Q} + \frac{L_y}{v_p S}, \quad (19)$$

При механізованому завантаженні (прямоточна технологія) величина $T_{зв}$ визначається як

$$T_{зв} = \frac{q}{g_n}, \quad (20)$$

де g_n - продуктивність навантажувача, кг / год.

Для причіпної машини для внесення добрив (робота за прямоточною технологією) приймаємо середня відстань переїздів від поля до сховища $L_n = 4$ км, транспортну швидкість $v_m = 15$ км / год.

Таким чином, використовуючи наведені залежності (14) - (20), продуктивність агрегату

за 1 год. змінного часу (га/год.) становить

$$W = \frac{1 - t_{mo} + t_{\phi})}{\frac{1}{0,1B_p v_p} + \frac{t_n}{0,36LB_p} + \frac{q}{g_n} + \frac{2qL_n}{Qv_m} + \frac{t_{nz}q}{Q} + \frac{L_o}{v_p S}} \quad (21)$$

Результати розрахунку подані в табл.1 . За результатами розрахунку побудовані графіки зміни питомих прямих витрат U від вантажності машини Q , які наведені на рис.4.

Таблиця 1.
Зміна годинної продуктивності W , годинної вартості експлуатації C і питомих прямих витрат U від вантажності машини Q

Площа, га	Параметр	Одиниці виміру	Вантажність, кг					
			2000	3000	4000	5000	8000	9000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га/ год	2,68	2,89	3,01	2,99	8,2	8,2
	U	грн /га	63,64	62,47	63,28	66,98	76,58	80,22
6	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га/ год	3,75	4,19	4,45	4,40	10,1	10,1
	U	грн /га	45,48	43,09	42,80	45,52	62,18	65,13
12	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га/ год	4,21	4,77	5,11	5,04	12,15	12,4
	U	грн /га	40,51	37,85	37,27	39,73	51,68	53,13
24	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га/ год	4,51	5,16	5,55	5,47	15,01	15,65
	U	грн /га	37,82	34,98	34,32	36,61	41,82	42,03
48	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га / год	4,48	4,85	5,25	5,74	19,50	20,0
	U	грн /га	38,1	37,2	36,31	34,89	32,2	32,8
96	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га/ год	4,72	5,16	5,52	5,88	19,75	20,6
	U	грн /га	36,1	35,0	34,50	33,97	31,5	31,8
190	C	грн / год	170,56	180,54	190,49	200,28	628	657,8
	W	га/ год	4,9	5,47	5,67	6,23	20,1	20,9
	U	грн /га	35,01	33,04	33,5	32,05	31,5	31,47

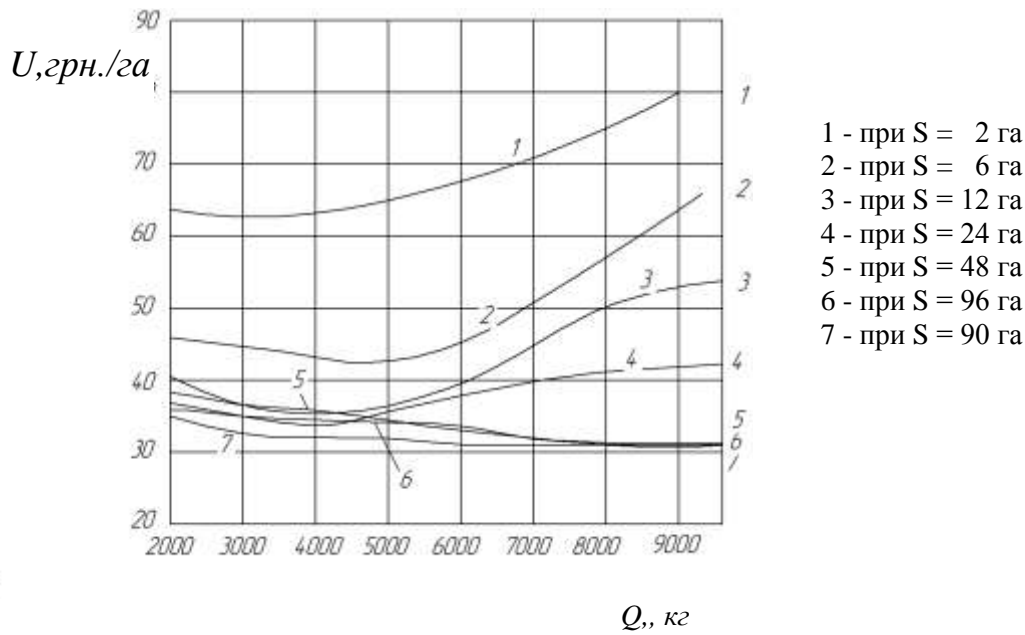


Рис.4. Залежність питомих прямих витрат U від вантажності ТТМ для внесення твердих мінеральних добрив Q .

З графіків видно, що при роботі ТТА для внесення твердих мінеральних добрив за прямою технологією для полів площею розміром до 2 га найбільш доцільне використання машини вантажністю 3000 кг. На площах 16... 100 га доцільне використання ТТМ з вантажністю 4000-4500 кг. На площах понад 100 га машини вантажністю 8000...9000 кг. За цих умов буде досягнутий мінімум експлуатаційних витрат, що припадають на 1 га площі і значно вищі продуктивність агрегату та темпи виконання робіт.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Машини такої вантажності можуть застосовуватися і при організації робіт за перевантажувальною технологією при доставці добрив в поле насипом в кузові автомобілями-самоскидами і завантаженні їх у ТТМ здійснюється попереднім підйомом платформи та автомобілями з маніпуляторами у при перевезенні добрив у транспортній тарі «біг- бег».

З метою уніфікації розробленої ТТМ з машинами, що вже випускаються в Україні для скорочення виробничих витрат доцільно за базу прийняти транспортно - технологічні машини МРД-1000, МРД- 4, МРД- 8 виробництва ПАТ «Ковельсьільмаш» вантажністю 1000, 4000 і 8000 кг.

В подальшому необхідно провести експлуатаційні виробничо – польові дослідження на підтвердження цих аналітичних викладок.

1. Адамчук В. В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів в 2-х томах. [Текст]: дис. ... д-ра тех. наук: 05.05.11/ В.В.Адамчук. - Глеваха, 2006. - 442 с.
2. КрАЗ 65055 МДКЗ-30. ПрайсКрАЗ.[Електронний ресурс].Режим доступу. Autokraz.com.ua.index.php...civil...kraz-65055-mdkz-30.
3. УЗКДМ Мульти УАЗ-73. Коммунальная. [Електронний ресурс]. Режим доступу. bestcars.com.ua»uzkdm/16402/40359.htm
4. Киртбая Ю.К. Резервы использования сельскохозяйственной техники в рыночных условиях.М.: ГОСНИТИ. 1993. 61 с.
5. Довідник з машинвикористання в землеробстві /За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001.– 347 с.
6. Шаров Н.М. Эксплуатационные свойства МТА. – М.: Колос, 1981.– 240 с.
7. Корзун Н.А. Агрегатирование тракторов: теоретический взгляд. – К.: Основи, 2002. – 144 с.
8. Машинвикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 284 с.
9. Вітвіцький В.В., Лобастов І.В. Методика моделювання техніко-експлуатаційних показників машинно-тракторних агрегатів.-К.:НДІ "Укragenпроп продуктивність", 2005. - 112 с.

10. ГОСТ 23728 – 88 Техника сельскохозяйственная. Основные положения и показатели экономической оценки. - М.: Издательство стандартов, 1988. - 3 с.
11. Нормативно – справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники (Приложение справочное к ГОСТ 23728–88-ГОСТ 23730– 88).-М.:ЦНИИТЭИ, 1988.- 277с.
12. Постанова КМ України №885 від 12 липня 2004 р. Методика обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин. – К.: КМУ, 2004.- 10с.
13. Вітвіцький В.В, Босий М.А.Економічні аспекти визначення витрат на експлуатацію с.-г техніки
14. Науково-практичний збірник«Продуктивність АПВ», НДІ«Укראгропромпродуктивність», 2007, № 6. С.11-16.
15. Вітвіцький В.В., Семененко Н. М. та ін. Тракторно-транспортні роботи. Методика розрахунку та норми виробітку і витрат пального.- Кн. 5.- К.: ТОВ«Комплекс Віта», 1996.-С.4-15, 278-280.
16. Вітвіцький В. В., Лобастов І.В. та ін. Методика розробки норми виробітку і витрат палива на внесення добрив, хімічний захист с.- г. культур (Нова техніка).- К.: Центр «Агропромпраця», 2001.- 176с.
17. Методика разработки нормативных материалов на механизированные полевые работы. – М.: БТИ ГОСНИТИ, 1970. - 46 с.

Стаття надійшла до редакції 07.05.2014

УДК 621.891

Д.А.Вольченко, Н.А.Вольченко, В.С.Скрипник
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
НАНОТРИБОЛОГИЯ ПРИ ФРИКЦИОННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В БАРАБАННО-
КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Проілюстрована нанотрибологія при фрикційному взаємодії пар трення барабанно-колодочного тормоза, исходя из уровней энергетических зон их материалов.

Ключевые слова: нанотрибологія, процеси, явлення, ефекти, макро-міні та нанорівні, дисипативні структури, самоорганізація структур, енергетичні умови, енергетичні зони матеріалів.

Рис 4. Форм 1. Літ 5.

Д.О.Вольченко, М.О.Вольченко, В.С.Скрипник
НАНОТРИБОЛОГІЯ ПРИ ФРИКЦІЙНІЙ ВЗАЄМОДІЇ В БАРАБАННО-КОЛОДКОВИХ
ГАЛЬМАХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Проілюстрована нанотрибологія при фрикційній взаємодії пар тертя барабанно-колодочного гальма, виходячи із рівней енергетичних зон їх матеріалів

Ключові слова: нанотрибологія, процеси, явища, ефекти, макро-міні та нанорівні, дисипативні структури, самоорганізація структур, енергетичні умови, енергетичні зони матеріалів

D.Volchenko, N.Volchenko, V.Scrypnik
NANOTRIBOLOGY DURING THE FRICTION INTERACTION IN THE DRUM-BLOCK
BRAKES OF THE VEHICLES

We've illustrated nanotribology at frictional interaction of pairs of friction of drum-block brake, based on the levels of the energy bands of their materials. The purpose of research - self-assessment of structures of surface and subsurface layers in electro-thermal-mechanical friction in tribounit and levels of the energy bands of it materials. Self-organization of structures is the most common in electro-thermal-mechanical friction in friction units for various purposes in the boundary friction regime. Self-organization in this mode was call structural adaptability. Fundamental principles of tribology are in accordance with the first and second law of thermodynamics. All processes at electro-thermal-mechanical friction arise and develop as a result of two of fundamental phenomena - activation (increase) free energy tribosystem and passivation (reduce it). Fundamental basis of self- energy materials tribosystem is a dynamic equilibrium processes of triboactivation and passivation, in which garner part of structural -thermal activation energy is within the range of the energy required for the formation of secondary structures. We've illustrated the question of the comparative analysis of the energy bands of material friction pairs brakes.

Keywords: nanotribology , processes, phenomena , effects of macro- and mini nanoscale, dissipative structures, . Self-organization of structures, energy conditions, the energy bands of materials.

Введение. Решение проблем трибологии применительно к парам трения тормозных устройств при электротермомеханическом трении имеет теоретико-практическое значение. При этом необходимо использовать в прикладных областях знаний результаты фундаментальных наук, касающихся совокупности процессов, явлений и эффектов в электрическом, тепловом, электромагнитном и химическом полях с учетом градиентного изменения их параметров. Разработка фундаментальных положений трибологии позволит обоснованно выбрать наиболее эффективные решения, касающиеся материалов пар трения, исходя из их энергетических уровней поверхностных и подповерхностных слоев, энергоемкости металлических фрикционных элементов, особенности конструкций фрикционных узлов и т.д., т.е. перейти на качественно новый уровень, а в перспективе научно обоснованно управлять трением и износом (рис. 1) за счет одновременного аналитического описания изменения внешних и внутренних параметров.

Внешнее трение является процессом трансформации механической и электрической энергии в энергию внутреннюю. Закономерности этого преобразования определяются свойствами трибоматериалов, характером участия и составом скоростных токов внешней среды. Фундаментальное решение задач трибологии оказалось возможным благодаря достижению теоретической физики в области самоорганизации и образованиям диссипативных структур под воздействием электротермодинамических процессов, способствующих возникновению электрических, тепловых и химических полей, отвечающим закономерностям единого поля и элементам градиентной теории.

Состояние проблемы. Известно, что диссипативные структуры на поверхностях трибосопряжения формируются при следующих условиях.

1. При наличии в системе «импульсной нагрузки – импульсного электрического и теплового тока» [1, 2].

©Д.А.Вольченко, Н.А.Вольченко, В.С.Скрипник

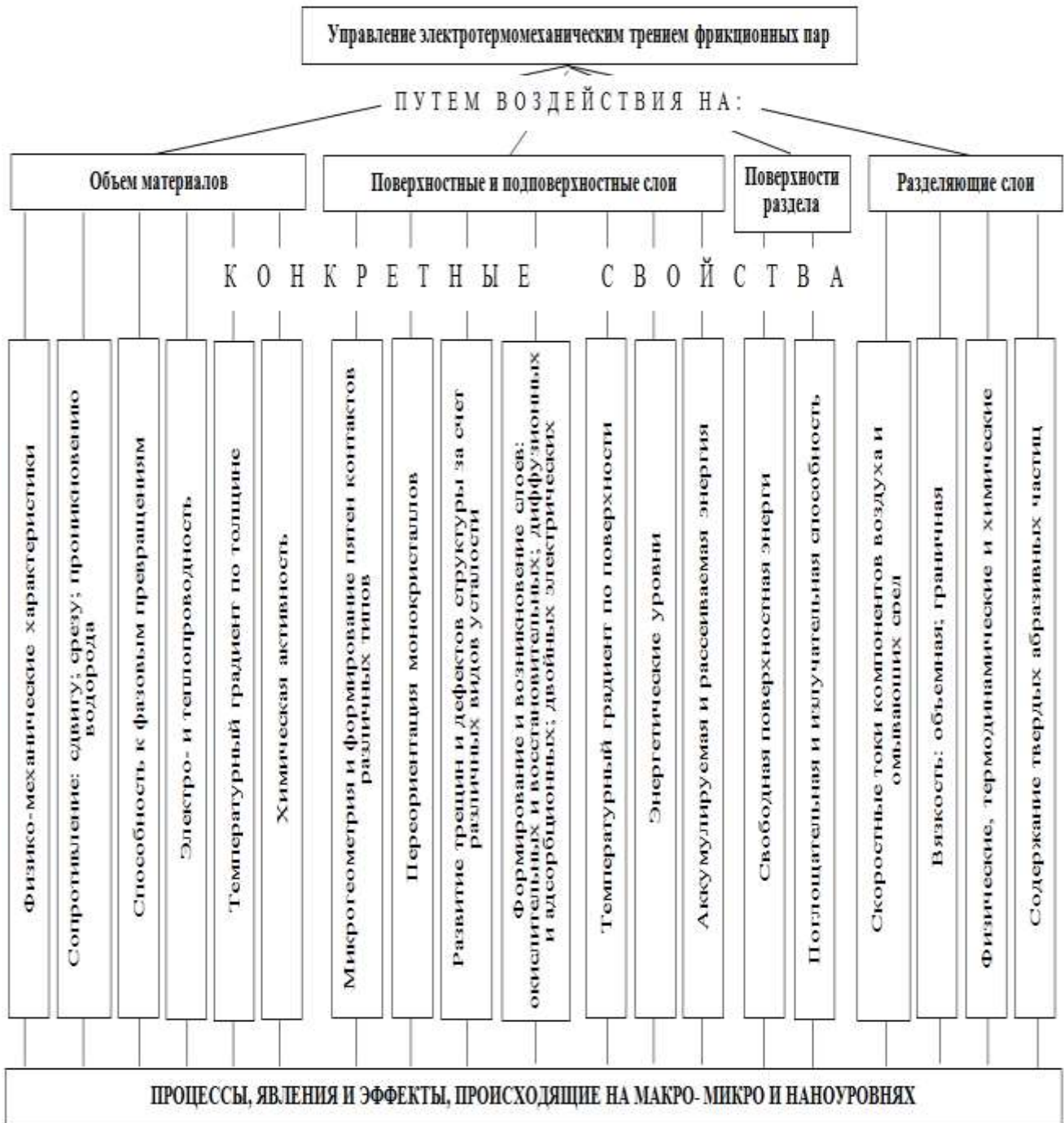


Рис. 1 Связь процессов, явлений и эффектов, происходящие на макро- микро и наноуровнях при контактно-импульсном фрикционном взаимодействии

2. Система термодинамически открытая, т.е. обменивается энергией и веществами со скоростными токами омывающих сред.
3. Динамические, электрические и тепловые уравнения системы нелинейные и носят волновой характер, изменяются по квазидинаковым закономерностям со сдвигом по фазе [1].
4. Процессы, явления и эффекты на мили-микро и наноуровнях происходят согласовано в строгой последовательности.
5. Отклонения от равновесия превышает как допустимые, так и критические величины внутренних и внешних параметров узлов трения.

Внешнее трение как генератор при фрикционном взаимодействии и при разомкнутых парах трения как конденсатор, упорядоченных и устойчивых диссипативных структур – один из ярких примеров самоорганизации в узлах трения тормозных устройств. Разнообразие и многогранность условий внешнего трения создают возможности возникновения большого многообразия состояний, характеризующиеся на электронно-ионном уровне внутренними параметрами, которые обеспечивают фрикционность и устойчивость трибосистемы. Существование множества самоорганизующихся трибосистем подтверждается работой различных типов фрикционных узлов барабанно-ленточно-колодочных тормозных устройств в режимах нормального трения и износа в интервале температур ниже допустимой для материалов полимерных накладок, и результатами многочисленных исследовательских работ [2-5 и др.]. Самоорганизация и образование диссипативных структур при электротермомеханическом трении может осуществляться путем трансформации твердых, жидкостных и газообразных веществ из поверхностных и подповерхностных слоев трибосопряжения и из скоростных токов компонентов омывающих их сред.

Цель исследований – оценка самоорганизации структур поверхностных и подповерхностных слоев при электротермомеханическом трении в трибосопряжении и уровней энергетических зон его материалов.

Особенности самоорганизации структур при электротермомеханическом трении в трибосопряжениях. Самоорганизация структур наиболее распространена при электротермомеханическом трении в трибосопряжениях различного назначения в режиме граничного трения. Самоорганизация в этом режиме, названная Б.И. Костецким структурной приспособляемостью [3]. Последняя проявляется в образовании защитных вторичных структур, экранирующих основной металл (например, рабочую поверхность металлического фрикционного элемента) от непосредственного контакта, схватывания и интенсивного разрушения (рис.2). Экранирование основного материала осуществляется массопереносом за счет искрового разряда между микровыступами металлополимерных пар трения. Вторичные структуры, обладающие экстремальными фрикционными и прочностными свойствами, представляют тонко-пленочный объект ($h_{ec}=20-80$ нм), характеристики которого определяют не только механизмы формирования сил трения и износа, но и демпфирующие свойства.

Ввиду сложности и многогранности процессов, явлений и эффектов при электротермомеханическом трении и износе не могут быть описаны простыми закономерностями. Для их описания необходим комплексный подход, сочетающий одновременное взаимодействие возникающих полей с градиентами их параметров при условии соблюдения фундаментальных положений нанотрибологии с обобщающими закономерностями для решения практических задач.

Влияние неизбежных при электротермомеханическом трении многочисленных факторов, описываемых интегральными энергетическими и кинетическими условиями и параметрами механических, физико-химических, электрических и тепловых свойств материалов трибосистемы. Практические задачи решаются на основе обобщающих зависимостей дифференцированно путем регулирования определяющих внешних и внутренних параметров с помощью конструкторских, технологических и эксплуатационных средств и использованием методов системного анализа.

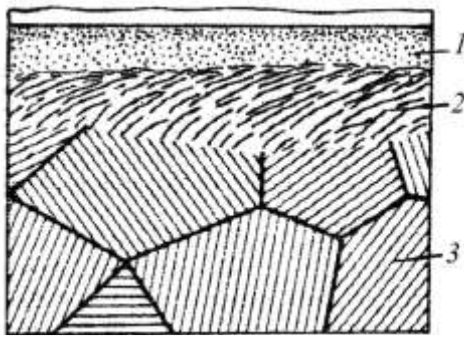


Рис. 2 Схема строения поверхностных слоев при нормальном трении: 1 – слой вторичной структуры; 2 – подповерхностный деформированный слой; 3 – основной металл (по данным Б.И. Костецкого)

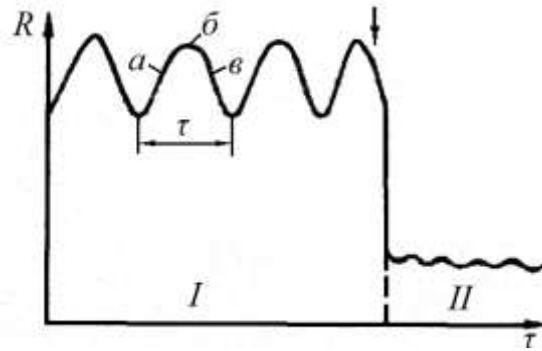


Рис. 3 Изменение контактного электросопротивления R при динамическом равновесии образования и разрушения вторичных структур и его нарушения: I, II – области нормального изнашивания и повреждаемости; τ – цикл образования (a), стабилизации (b) и разрушения вторичных структур (ϵ)

Предлагаемый комплексный подход на основе теоретических и экспериментальных исследований трибосистемы обосновывается процессами, явлениями и эффектами самоорганизации, приспособляемости и адаптирования в едином энергетическом поле, движущей силой в котором являются механические, электрические, тепловые и химические градиенты, описывающие состояние трибосистемы в процессе ее фрикционного взаимодействия. При этом необходимо учитывать принципы суперпозиции в паре «генерирование-сток» теплоты, а также «восстановление-разрушение» пленок вторичных структур. Экспериментальной основой всего вышеизложенного являются положения об основных и дополнительных видах износа, обобщенная структурно-кинетическая классификация видов поверхностного разрушения, а также зарождения и развития трещин, построенная по структурному и энергетическому признакам, общие закономерности электротермомеханического трения.

Условия самоорганизации в поверхностных и подповерхностных слоях трибосопряжений накладывают отпечаток на допустимые процессы изнашивания и недопустимые явления повреждаемости, зависящими от их энергетических уровней.

Энергетическое условие самоорганизации трибосистем. Фундаментальные принципы трибологии находятся в соответствии с первым и вторым началами термодинамики. Все процессы при электротермомеханическом трении возникают и развиваются в результате двух основополагающих явлений - активирования (увеличения) свободной энергии трибосистемы и пассивации (ее уменьшения).

В соответствии с первым началом термодинамики работа сил внешнего трения $A_{тр}$, являющаяся источником общего активирования ($G_{Аобщ}$), преобразуется в энергию внутреннюю, структурно-термическую. Неустойчивость активированного состояния трибосистемы выражается в ее стремлении к пассивации. При пассивации основная часть энергии рассеивается, и лишь незначительная часть ($G_{Аэф}$) запасается и затрачивается на образование вторичных структур ($G_{ВС}$). Соотношение между $G_{Аэф}$ и $G_{Аобщ}$ оценивается коэффициентом запасаемой энергии [3]:

$$K_э = G_{Аэф} / G_{Аобщ}.$$

В соответствии со вторым началом термодинамики энтропия (S) в закрытых системах растет. Однако в открытых системах, при определенных условиях, происходят процессы упорядочивания материи, соответствующие уменьшению энтропии и образованию самоорганизующихся диссипативных структур.

Фундаментальной энергетической основой самоорганизации материалов трибосистемы является такое динамическое равновесие процессов трибоактивирования и пассивации, при котором запасаемая часть структурно-термической энергии активирования $G_{Аэф}$ находится в пределах значений энергии, необходимой для образования вторичных структур $G_{ВС}$, т.е.

$$G_{Аэф} = G_{ВС}.$$

При нарушении этого равновесия возникает повреждаемость рабочих поверхностей трибо-системы.

Сравнительный анализ энергетических зон материалов пар трения тормозных устройств. Структура энергетических зон электронов в кристаллических полимерах и металлах качественно различна [2]. При сближении атомов и образовании кристалла электронные уровни энергии атомов за счет их взаимодействия расщепляются, образуя зоны (рис. 4).

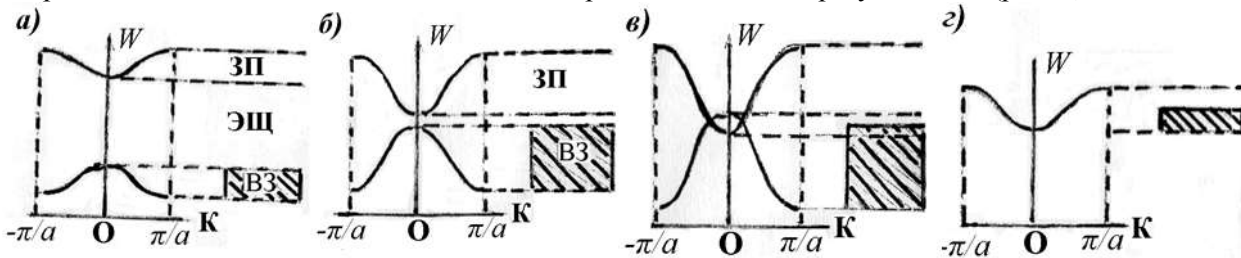


Рис. 4 а, б, в, г Сравнение энергетических зон диэлектрика (а) полупроводника (б), полуметалла (в)

и металла (г): ЗП – зона проводимости; ВЗ – валентна зона; ЭЩ – энергетическая щель

Рекомбинация электронов и дырок в пленочных микротермобатареях позволяет изменять градиент напряжения, как во внутренней, так и во внешней цепи за счет диффузионных токов, которые влияют на работу выхода электронов из металлического элемента трения. Это обстоятельство на необходимость нового подхода к выбору материалов пары трения, исходя из энергетического уровня их поверхностных и приповерхностных слоев.

Электронный энергетический спектр кристаллов, т.е. распределение электронов по энергиям разрешенных зон, принято описывать в пространстве квазиимпульсов (в обратной кристаллической решетке). Закон дисперсии $W(p)$ представляет собой простую параболическую функцию:

$$W = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = p^2 / 2m; \quad (1)$$

где \hbar - постоянная Планка; m – масса электронов; p – характеристика импульсов.

Учет периодического потенциала кристаллической решетки (метод Блоха) усложняет эту зависимость, приводя к разрывам в параболической зависимости $W(p)$ в области энергетической щели (запрещенной зоны) (см. рис. 4). Функция $W(p)$ непрерывна в различных интервалах пространства импульсов, называемых зонами Бриллюэна (например, область $-\pi/a \leq k \leq \pi/a$ и др.). При переходе от одной зоны Бриллюэна к другой эта функция претерпевает разрывы.

Зоны электронного спектра позволяют построить модели различных вариантов электронных спектров кристаллов для трех основных случаев:

- зоны электрического спектра электронов не перекрываются (см. рис. 4 а, б);
- зоны энергетического спектра электронов перекрываются (см. рис. 4 в, г);
- зоны энергетического спектра электронов соприкасаются без перекрытия.

В первом случае электроны занимают уровни с наименьшей энергией. В основном состоянии ($T=0$) граница этого заполнения, отделяющая в пространстве импульсов заполненную область от незаполненной части зоны, называется поверхностью Ферми F . При $T>0$ граница этой поверхности размывается, так как за счет тепловых возбуждений (фонов) часть электронов уходит выше F , в пространстве ниже F часть уровней освобождается. Поскольку расстояние между уровнями в зоне чрезвычайно мало, то уже сколь угодно малое внешнее электрическое поле ($\sim 10^{-22}$ эВ) повышает энергию электронов и приводит к электропроводности металлов, ограниченной только рассеиванием электронов на ограничениях решетки. При понижении температуры проводимость металлов растет: при $T \rightarrow 0, \sigma \rightarrow \infty$.

Поверхность Ферми в кристаллах с энергетической щелью в электронном спектре отсутствует, но середина этой щели (при отсутствии примесей и локальных уровней) называется уровнем Ферми F_0 . Для возбуждения электропроводности в этих кристаллах необходимо, чтобы за счет тепловых колебаний или других энергетических факторов частично освободилась валентная зона (дырочный механизм электропроводности) или частично заселилась электронами зона проводимости (электронный механизм электропроводности).

Во втором случае поверхность Ферми полуметаллов имеет разрывы, а их проводимость на несколько порядков по величине ниже, чем у металлов.

В третьем случае кристаллы этого редкого класса называются бесщелевыми полупроводниками. Поверхность Ферми таких полупроводников представляет собой линию или точку в пространстве импульсов. В бесщелевых полупроводниках электроны сравнительно легко (по сравнению с обычными полупроводниками) переходят в зону проводимости, что приводит к существенным различиям в динамических свойствах носителей заряда в этих веществах.

Особое состояние металлического элемента трения наблюдается при температурах выше допустимой для материалов полимерной накладки, которое освещено в работах [4, 5]. Оценка с точки зрения энергетических затрат к такому металлическому элементу трения должна происходить по другим параметрам.

Выводы. Таким образом, на основании самоорганизации структур поверхностных и подповерхностных слоев пар трения в трибосопряжении рассмотрена нанотрибология при электротермомеханических процессах с учетом уровней энергетических зон его материалов.

1. Пат. 2502900 С2 Российская Федерация, МПК F16D 49/08. Способ электродинамического установления закономерностей изменения эксплуатационных параметров металлополимерных пар трения ленточно-колодочных тормозов буровой лебедки / А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, П.А. Поляков, А.В. Возный; заявитель и патентообладатель Ивано-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. - №2012105664; заявл. 20.02.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. №36. – 12с.
2. Дедков Г.В. Нанотрибология: экспериментальные результаты и теоретические модели / Г.В. Дедков // Успехи физических наук. Том 170, №6. – 2000. – С.585 – 618
3. Поверхностная прочность материалов при трении / Под общ. редакц. Б.И. Костецкого. – Киев: Техника, 1976. – 296с.
4. Крагельский И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский – М.: Машиностроение, 1986. – 480с.
5. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия / И.Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 475с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, А.Ю.Воробьев, О.В.Трифонов, Н.Н.Скалыга
Национальный аэрокосмический университет им. М.С. Жуковского "ХАИ"
Луцкий национальный технический университет
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ ПНЕВМОИМПУЛЬСНОГО РУЧНОГО
ИНСТРУМЕНТА В СИСТЕМЕ ANSYS CFX И LS-DYNA

В статье рассмотрены вопросы моделирования в программных продуктах ANSYS CFX и LS-DYNA. Энергетические характеристики пневмоимпульсного ручного инструмента в большой степени определяются газодинамическими процессами, происходящими в каналах и трактах устройства. Поэтому создание математической модели, позволяющей комплексно описывать указанные процессы, является особо актуальным, т.к. позволит корректно прогнозировать энергию единичного удара с учетом всех факторов, определяющих поведение бойка и обжимки пневмоинструмента.

Ключевые слова: пневмоимпульсный ручной инструмент, энергетические характеристики, газодинамические процессы, моделирование

Рис 11. Форм 4. Лит 8.

Ю.А.Воробйов, М.В.Нечипорук, О.Ю.Воробйов, О.В.Трифонов, М.М. Скалига
МОДЕЛЮВАННЯ ГАЗОДИНАМІКИ ПНЕВМОІМПУЛЬСНОГО РУЧНОГО
ІНСТРУМЕНТУ В СИСТЕМІ ANSYS CFX І LS - DYNA

У статті розглянуто питання моделювання в програмних продуктах ANSYS CFX і LS-DYNA. Енергетичні характеристики пневмоімпульсного ручного інструмента у великій мірі визначаються газодинамічними процесами, що відбуваються в каналах і трактах пристрою. Тому створення математичної моделі, що дозволяє комплексно описувати вказані процеси, є особливо актуальним, тому що дозволить коректно прогнозувати енергію одиничного удару з урахуванням усіх факторів, що визначають поведінку бойка і обтискувача пневмоінструменту.

Ключові слова: пневмоімпульсний ручний інструмент, енергетичні характеристики, газодинамічні процеси, моделювання

Yu.Vorobyov, N.Nechyporuk, A.Vorobyov, O.Tryfonov, N.Skalyga
SIMULATION OF GAS DYNAMICS PROCESSES INSIDE HAND-HELD PNEUMATIC
IMPULSE TOOLS IN ANSYS CFX AND LS-DYNA

The article discusses simulation of gas dynamics processes inside hand-held pneumatic impulse tools in ANSYS CFX and LS-DYNA. Energy characteristics of hand-held pneumatic impulse tools are largely determined by the gas-dynamic processes in channels and paths of the device. Therefore, the creation of a mathematical model which allows to describe these processes is particularly urgent.

Keywords: pneumatic impulse hand tools, energy characteristics, gas dynamics, simulation.

Постановка проблемы. Современная продукция машиностроительных отраслей (летательные аппараты, автомобили, железнодорожный и водный транспорт и др.) характеризуется непрерывным усложнением конструкции изделий, постоянно растущими требованиями к их надежности, качеству и технико-экономическими показателями. Ее создание сопровождается автоматизацией процессов проектирования, конструирования и технической подготовки производства. Однако, не смотря на это, большое количество соединений при сборке авиационных и других наукоемких конструкций производится при помощи ручного инструмента, ввиду сложности реализации автоматизации из-за геометрических ограничений и сложности подходов при выполнении соединений. Поэтому, задача проектирования и создания ручного инструмента с учетом ограничений, связанных с особенностью зоны выполнения соединения является актуальной. Более того, на сегодня не существует эффективной методики для выполнения подобного рода проектирования.

Целью работы является разработка методики проектирования ручного пневмоимпульсного инструмента как части проблемно-ориентированного комплекса [1] оборудования для сборке авиационной техники на основе применения современных CAD/CAE-систем компьютерного моделирования.

Описание применяемых математических моделей при моделировании газодинамических процессов в пневмоимпульсном инструменте.

Для численного исследования поставленной задачи использована система уравнений

©Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, А.Ю.Воробьев, О.В.Трифонов, Н.Н.Скалыга

Навье-Стокса [4], включающая в себя законы сохранения массы, импульса и энергии нестационарного пространственного течения в декартовой системе координат ($x_i, i = 1, 2, 3$):

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k) = 0, \\ \frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial P}{\partial x_i} = S_i, \\ \frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((\rho E + P)u_k + q_k - \tau_{ik} u_i) = S_k u_k + Q_H, \end{cases} \quad (1)$$

где u_i – компоненты вектора скорости газа; ρ, p – плотность и давление газа; S_i – внешние объемные силы; E – полная энергия единичной массы газа; Q_H – теплота, выделяемая в единичном объеме газа; τ_{ik} – тензор вязких сдвиговых напряжений; q_i – тепловой поток.

Течение газа, безусловно, будет иметь ярко выраженный турбулентный характер. Очевидно, что непосредственное решение трехмерных нестационарных уравнений Навье-Стокса с использованием пространственных сеток вполне применимо для описания всех существенных течений, в том числе пространственно-временных неоднородностей. Однако, не менее очевидно и то, что для его численной реализации необходимо использовать очень мелкие сетки, количество узлов которых должно резко увеличиваться с ростом числа Рейнольдса.

В настоящей работе использованы уравнения SST-модели турбулентности [2, 3], показывающей высокую точность при моделировании пристеночных течений.

В этой модели для задания значения турбулентной вязкости использовано выражение:

$$\mu_T = \frac{\rho a_1 k}{\max(a_1 \omega; \Omega F_2)} \quad (2)$$

где $F_2 = \tanh(\arg_2^2)$; $\arg_2 = \max\left(2 \frac{\sqrt{k}}{0,09 \omega y}; \frac{500 \nu}{y^2 \omega}\right)$ – функция, которая равна единице для

пограничного слоя и нулю для свободных слоев; $\Omega = (\partial u / \partial n)$ – производная скорости течения по направлению нормали к стенке.

Для определения кинетической энергии и ее диссипации использованы уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i k) &= \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \beta^* \rho \omega k + \frac{\partial}{\partial x_i} \left((\mu_l + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right), \\ \frac{\partial \rho \omega}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i \omega) &= \frac{\gamma \rho}{\mu_m} \tau_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_i} \left((\mu_l + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \right) + \\ &+ 2 \rho (1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\beta, \beta^*, \sigma_k, \sigma_\omega$ – эмпирические константы, вычисляемые по формуле $\varphi = F_1 \varphi_1 + (1 - F_1) \varphi_2$, φ_1, φ_2 – соответствующие эмпирические коэффициенты $k - \varepsilon$ и $k - \omega$ моделей турбулентности.

При решении задач с деформируемыми областями, искажение сетки конечных элементов (КЭ) приводит к появлению вырожденных КЭ или существенному ухудшению их качества. Периодическая перестройка сетки КЭ для расчетной области – очень важная часть анализа, включающего в себя существенные перемещения границ расчетной области и деформации сетки КЭ.

Поэтому для получения адекватного результата решаемой задачи необходима интеграция цикла перестройки сетки КЭ в общий цикл решения задачи.

Разгон бойка является сложным многофакторным процессом, на протекание которого существенное влияние оказывают как параметры газовой среды, так и связанные с конструктивными особенностями инструмента условия истечения газа. Как было отмечено выше, такой процесс описывают численно с использованием системы уравнений Навье-Стокса, решение которой производят с использованием метода конечных элементов. Решение подобного рода задачи со сложной пространственной геометрией требует больших затрат вычислительных ресурсов,

что усугубляется необходимостью перестраивать сету конечных элементов в режиме реального времени при ухудшении ее качества во время расчета. В связи с этим, предложено два подхода для решения задачи газодинамики пневмоимпульсного инструмента с учетом движения бойка:

1. мультиконфигурационный подход в плоской осесимметричной постановке;
2. осесимметричный подход с выделением элементарного сектора и применением механизма автоматической перестройки сетки конечных элементов.

Мультиконфигурационный подход при решении задач с подвижными границами

Расчетная область представляет собой плоскую зону, которая соответствует сечению импульсного молотка плоскостью, проходящей через ось симметрии (рис. 1). Объектом исследования является перемещение и разгон бойка под воздействием перепада давлений в забойковой и предбойковой полостях.

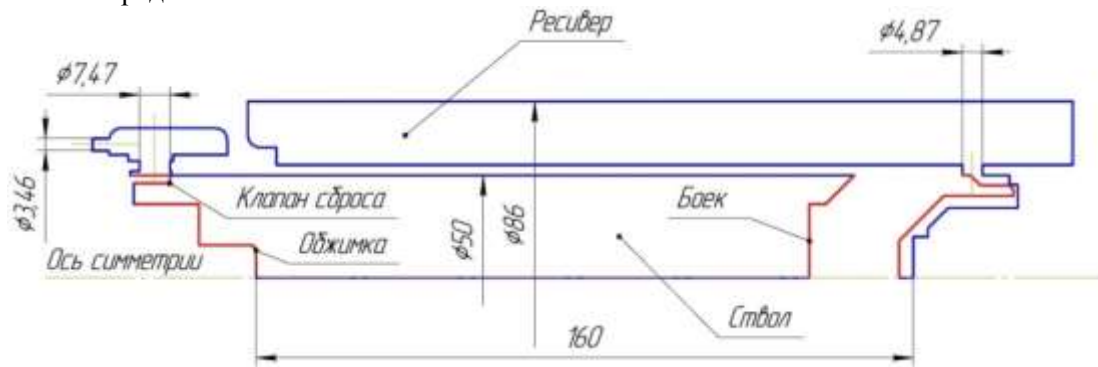


Рис.1. Геометрия расчетной области

Принято, что в момент времени перед открытием клапана сброса в стволе и ресивере находится воздух при температуре 300 К и начальным давлением 0,5 МПа. Давление окружающей среды принято 0,1 МПа, температура – 300 К. Предполагалось, что открытие клапана сброса осуществляется за 0,01 с. Масса бойка – 0,139 кг.

Моделирование проводили для случаев с различным соотношением объема хода бойка V_x к объему ресивера V_p . Также исследовали влияния условий истечения газа на скорость и энергию бойка.

Мультиконфигурационный подход предполагает наличие нескольких конфигураций расчетной области в зависимости от положения бойка по ходу решения задачи. В рассматриваемом случае было использовано 7 конфигураций, которые соответствовали ходу бойка на 0,001; 0,008; 0,028; 0,058 и 0,088 м. На рисунке 2 показаны некоторые из них. В пределах конкретной конфигурации происходит деформация расчетной сетки КЭ со скоростью, характерной мгновенной скорости бойка. При этом переключение на новую сетку происходит автоматически при достижении перемещения бойка на заданное расстояние. Максимальное количество ячеек сетки конечных элементов составила 15643.

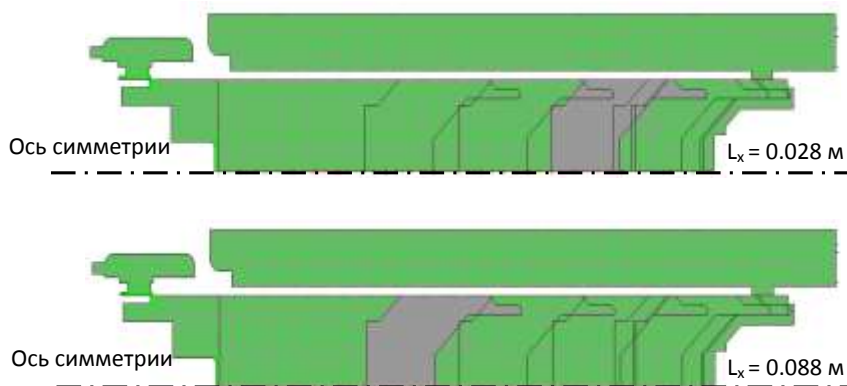
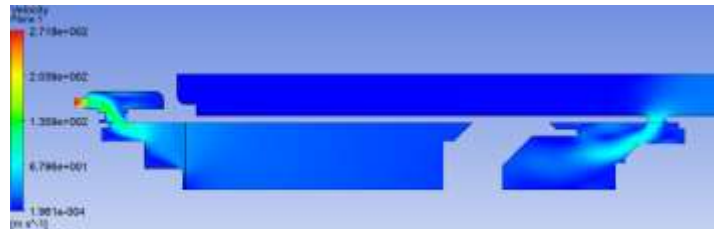


Рис. 2. Конфигурации расчетной области в зависимости от положения бойка

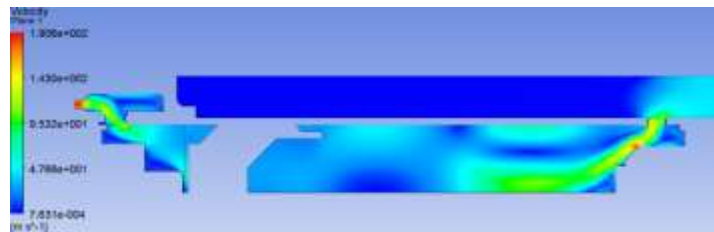
Поля распределения скоростей газа, полученные по результатам моделирования, показаны на

рисунке 3.

Результаты моделирования показывают, что с увеличением соотношения, скорость и энергия бойка уменьшаются, а при $V_x/V_p=2$ и более, наблюдается торможение бойка. Так при прохождении бойком 0,135 м, что эквивалентно $2,7d_6$, его скорость достигает пикового значения в 14 м/с после чего начинает снижаться. С увеличением диаметра отверстий выхода на передней крышке молотка МПИ-90М также наблюдается начало торможения бойка при прохождении расстояния 0,135 м, но при этом максимальная скорость достигает 19 м/с. Сводный график по результатам моделирования для различных случаев показан на рисунке 4. Время расчета для каждого отдельного случая составило не более 1 часа и зависит от размеров расчетной области.



0,0094 с



0,01439 с

Рис. 3. Поля скоростей течения газа

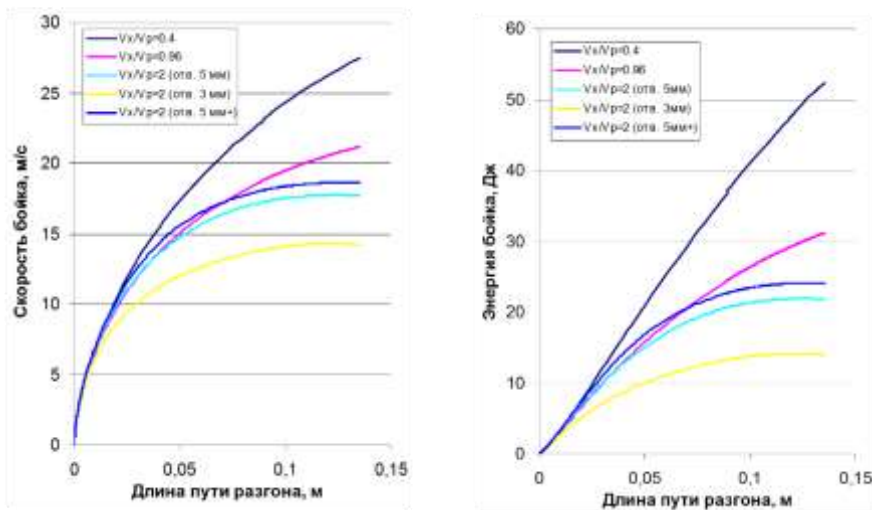


Рис. 4. Сравнение скорости и энергии бойка для различных случаев

Осесимметричный подход с выделением элементарного сектора

Расчетная область представляет собой сектор. Для возможности построения сектора, с регулярным расположением отверстий, исходная геометрия инструмента была изменена с целью обеспечения одинакового количества отверстий в зоне выхода газа на передней крышке, в зоне перетекания газа при открытии клапана сброса и в зоне перетекания газа из ресивера в забойковую полость. Пересчет размеров отверстий проводился с соблюдением эквивалентности общей площади проходного сечения отверстий в оригинальной и измененной геометрии инструмента. Угол сектора с одним рядом отверстий составил $17,14^\circ$.

©Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, А.Ю.Воробьев, О.В.Трифонов, Н.Н.Скалыга

Для сравнения производительности вычислений было рассмотрено две расчетных области, которые отличались количеством рядов отверстий: 3 ряда (рисунок 5, а) и 1 ряд (рисунок 5, б).

Начальные и граничные условия аналогичны, как и при решении задачи в 2D-постановке.

Для реализации поставленной задачи, был применен механизм автоматической перестройки сетки конечных элементов, который показан на рисунке 6.

График изменения скорости бойка с увеличением его хода для случаев с различными секторами показан на рисунке 7. Максимальная относительная погрешность составила 4%. При этом время вычислений было сокращено с 13 до 6 часов, что подтверждает целесообразность применение сектора с меньшим углом для ускорения проведения вычислений, что связано с существенным сокращением количества ячеек сетки КЭ. Так, для сектора с тремя рядами отверстий расчетная сетка состоит из 263326 ячеек, а сектор с одним рядом отверстий – из 102359 ячеек. На рисунке 8 показано сравнение результатов моделирования с теоретическими данными [1].

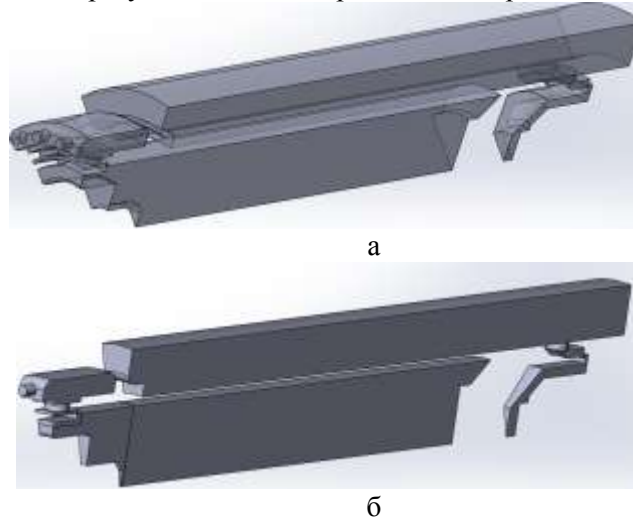


Рис. 5. Геометрия расчетной области в виде элементарного сектора



Рис. 6. Интеграция цикла перестройки сетки КЭ в общий цикл решения задачи

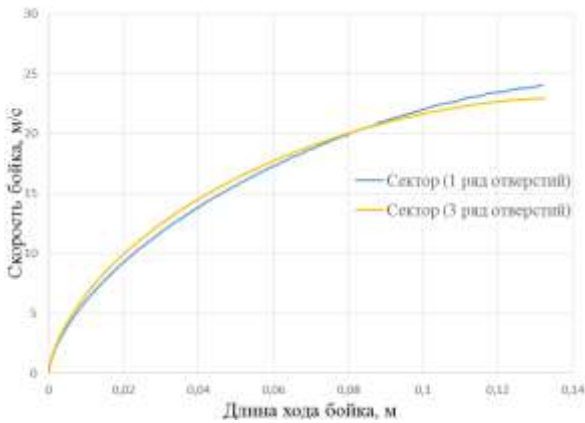


Рис. 7. Сравнение скорости бойка при различной геометрии расчетной области

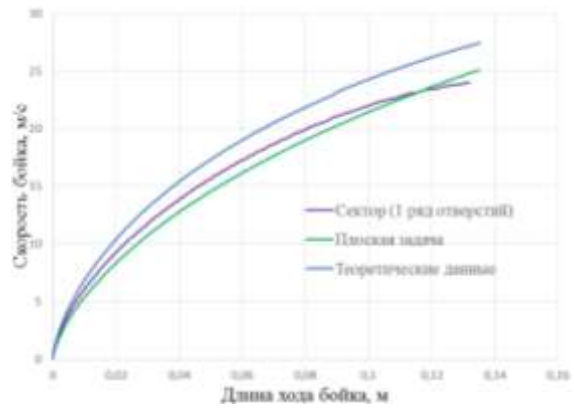


Рис. 8. Сравнение результатов моделирования с известными теоретическими данными

Моделирование работы пневмоимпульсного устройства в системе LS-DYNA

Задачей данной работы была проверка возможности использования программного продукта LS-DYNA для моделирования пневмоимпульсного молотка. Основные процессы, которые необходимо отобразить в ходе моделирования, следующие:

- стравливание воздуха из ресивера через предбойковую область в окружающую среду;
- движение бойка под действием газодинамических сил;
- движение клапана быстрого сброса давления под действием газодинамических сил;
- передача энергии бойка обжимке в процессе соударения;
- оценка влияния уплотнительных колец на движение бойка, обжимки и клапана.

Для моделирования выше перечисленных процессов необходимо решить сложную газодинамическую задачу с учетом взаимодействия газов с твердыми телами. В работе **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлено сравнение ламинарного и турбулентного течений для однотипной задачи, максимальная погрешность составила 2%. Таким образом, для выполнения этого моделирования был выбран конечно-элементный решатель LS-DYNA, позволяющий смоделировать все необходимые процессы в ламинарном течении. В работах [6, 7] также описано использование этого программного продукта для моделирования пневмонических пистолетов.

В силу осесимметричности модели в работе была использована осесимметричная постановка задачи в двухмерном пространстве. КЭ-модель вместе с граничными условиями представлена на рисунке 9. Общее количество элементов – 12410.

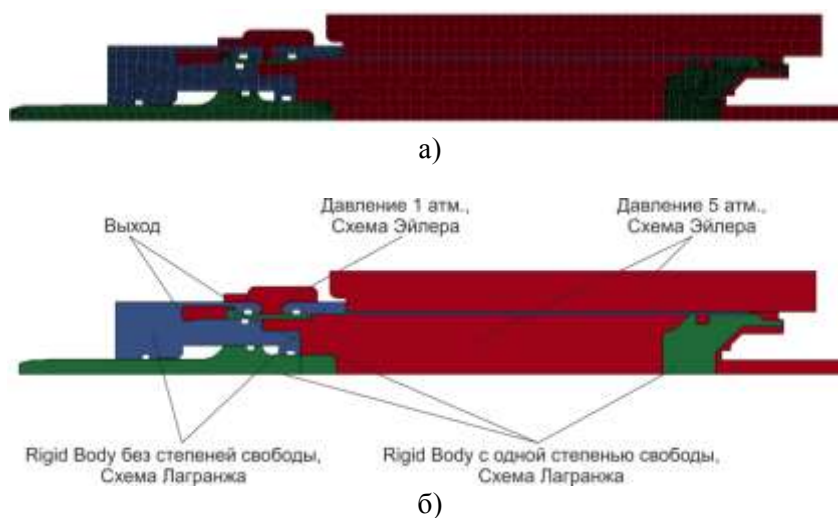


Рис. 9. Рассматриваемая модель молотка: а) КЭ-модель; б) граничные условия

Для моделирования ресивера, предбойковой области и области сброса воздуха использовалась эйлеровская схема. В силу маленького давления в ресивере была использована модель идеального газа. Давление задавалось через температуру с учетом уравнения идеального газа:

$$p = \rho(C_p - C_v)T, \quad (4)$$

где p – давление газа; ρ – плотность газа, $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$; C_p – удельная теплоемкость газа при постоянном давлении; $C_p = 1010 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$; C_v – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме, $C_v = 718 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$; T – температура газа.

Скорость течения газа на границах равна нулю (ЕВС=1). Давление окружающей среды – 0,1 МПа.

Боек, обжимка, клапан быстрого сброса, ствол и гайка были смоделированы как абсолютно жесткие тела с лагранжевой схемой элемента. Материал клапана быстрого сброса – сталь, материал остальных элементов – титановый сплав ВТ22. Ствол и гайка были использованы для моделирования соударения бойка с ними и для моделирования трения уплотнительных колец об эти поверхности. Эти элементы полностью зафиксированы в пространстве, в то время как клапан быстрого сброса, боек и обжимка имеют одну степень свободы вдоль ствола. Массы бойка и обжимки равны каждая 139 г.

Все элементы смоделированы как осесимметричные тела.

Для моделирования уплотнительных колец использовалась модель гиперупругого материала Муни-Ривлина с двумя параметрами, функция плотности энергии деформации описывается следующим уравнением [3]:

$$W = A(I - 3) + B(II - 3) + C(III^{-2} - 1) + D(III - 1)^2 \quad (4)$$

где $C = 0,5A + B$; $D = \frac{A(5\vartheta - 2) - B(11\vartheta - 5)}{2(1 - 2\vartheta)}$; ϑ – коэффициент Пуассона; $G = 2(A + B)$ – модуль сдвига; I, II, III – инварианты правого тензора деформации Каши-Грина.

В данной работе использовалась неогуковая модель материала с коэффициентом Пуассона 0,495 и коэффициентами $A = \frac{G}{2}, B = 0$. В таком случае модуль сдвига равен половине модуля упругости ($G = E/(2 + 2\vartheta)$), который был выбран равным 7 МПа в соответствии с твердостью по Шору равной 65 [8].

Коэффициент трения был выбран равным $\mu = 0,07$ для неопреновой резины в скудной смазке маслом при 18°C [8]. После первого соударения бойка с обжимкой ($t = 17,7$ мс), боек за счет разницы давлений в оставшейся и пройденной областей предбойковой полости продолжает движение. Обжимка после вскоре соударяется с корпусом молотка ($t = 18,4$ мс), после чего начинает движение в обратную сторону. После этого следует еще одно соударение бойка и обжимки ($t = 19$ мс) с последующей скоростью обжимки 2,38 м/с. Картина распределения давлений и скоростей показана на рисунке 10.

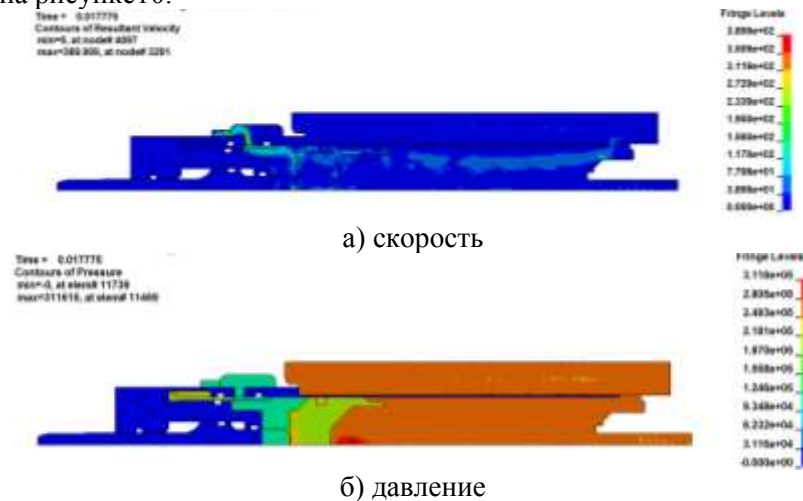


Рис. 10. Картина распределения давлений и скоростей

Проведем сравнение результатов моделирования в ANSYS CFX и LS-DYNA. Как указывалось выше, решатель ANSYS CFX позволяет получить решение поставленной задачи только до момента соударения бойка и обжимки. Поэтому проведем сравнение результатов лишь на этапе движения бойка на участке разгона (рисунок 11).

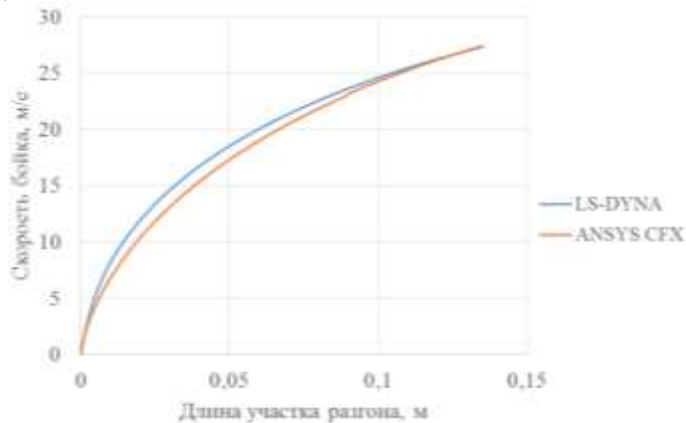


Рис. 11. Сравнение результатов моделирования в ANSYS CFX и LS-DYNA

Сравнение результатов моделирования в ANSYS CFX и LS-DYNA показывает, что на момент касания бойка и обжимки, обе системы показали практически идентичный результаты. Относительное отклонение составляет 0,4%. Это подтверждает возможность использования LS-DYNA для расчета газодинамических процессов в пневмоимпульсном инструменте с учетом воздействия газового потока на твердые подвижные тела.

Выводы

1. Показано, что увеличение соотношения V_x/V_p с 0,4 до 2 приводит к снижению скорости бойка с 28 до 14 м/с и энергии удара с 52 до 14 Дж. При $V_x/V_p=2$ наблюдается появление участка торможения, который начинается после прохождения бойком расстояния, эквивалентному $2,7d_6$. Увеличение диаметра отверстий на выходе из передней крышки молотка с 3 до 5 мм позволяет увеличить скорость бойка с 14 до 19 м/с энергию удара с 14 до 24 Дж.

2. Проведено моделирование с различной геометрией расчетной области: двухмерная постановка, сектор с тремя рядами отверстий и сектор с одним рядом отверстий. Время расчета для сектора с тремя рядами отверстий составило 13 часов; для сектора с одним рядом отверстий – 6 часов; для плоской задачи – 1 час. При этом максимальная относительная погрешность результатов в случае использования 2D-геометрии и сектора не превышает 5%. Таким образом, для проведения проектировочных расчетов целесообразно использовать 2D-постановку, т.к. существенно сокращается время выполнения вычислений. После завершения проектирования, целесообразно выполнить проверочный расчет, используя уже геометрию в виде сектора.

3. Проведено сравнение результатов моделирования с известными теоретическими данными. Максимальная относительная погрешность составила 12%, что связано с большим количеством допущений, принятых при теоретических расчетах и которых удалось избежать при моделировании.

4. Сравнение результатов моделирования в ANSYS CFX и LS-DYNA подтверждает возможность использования LS-DYNA для расчета газодинамических процессов в пневмоимпульсном инструменте с учетом воздействия газового потока на твердые подвижные тела. Относительное отклонение составляет 0,4%.

1. Король В.Н. Современные тенденции технологической модернизации производства гражданских самолетов [Текст] / В.Н. Король, В.А. Матвиенко // Технологические системы. – 2013. – Вып. 1(62). – С. 42 – 48.
2. Исследование и разработка технологических процессов и пневмоимпульсных устройств для выполнения клепально-сборочных работ в условиях серийного производства: отчет о НИР (промежуточ.) / ХАИ; науч. рук. Кушнаренко С.Г., отв. исп. Чистяк В.Г., исп. Воробьев Ю.А., Цыганов В.П., Несолёный В.С. – Х., ХАИ, 1988. – 56 с. – ГР №01860123606. – Инв. №02.88.0041988.
3. Лепетов, В.А., Резиновые технические изделия [Текст] : учеб. пособие / В.А. Лепетов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Химия», 1965. – 472 с.
4. Menter, F.R. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineer-ing applications [Текст] / F.R. Menter // AIAA-Journal – 1994. – № 32(8). – P. 269 – 289.
5. Menter, F.R. A scale-adaptive simulation model for turbulent flow predic-tions [Текст] / F.R. Menter, M. Kuntz, R. Bender. // AIAA Paper 2003-0767, 2003. – 40 p.
6. F. Plassard et. al, Analysis of a single stage compressed gas launcher behavior: from breech opening to sabot separation, 8 Европейская конференция LS-Dyna, Страсбург, 2011.
7. M. Seidl et. al, Modeling internal gas flows in a single stage gas gun using Eulerian/Lagrangian coupling in LS-Dyna, 9 Европейская конференция LS-Dyna, Манчестер, 2013.
8. J. Kunz, M. Studer, Determining the modulus of elasticity in compression via the Shore A hardness, Kunststoffe international, выпуск 6, 2006, p. 92-96.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

©Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, А.Ю.Воробьев, О.В.Трифонов, Н.Н.Скалыга

УДК 625.72

В.С.Гавриш

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНОЇ ВІБРАЦІЇ В МЕЖАХ ЗОН ВПЛИВУ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

У статті розглянуті методи оцінки вібрації, яка виникає на всіх етапах існування автомобільних доріг. Проаналізовано негативні наслідки від дії вібраційного навантаження на споруди та на санітарно-гігієнічні умови перебування в них людей. Відзначається необхідність вирішення завдань щодо зменшення рівня вібрації.

Ключові слова: транспортна вібрація, дорожньо-транспортний комплекс, придорожній простір, вібропереміщення, віброшвидкість і віброприскорення.

Форм 7. Табл 2. Літ 5.

В.С.Гавриш

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ВИБРАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ ЗОН
ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье рассмотрены методы оценки вибрации, которая возникает на всех этапах существования автомобильных дорог. Проанализированы негативные последствия от действия вибрационной нагрузки на сооружения и на санитарно-гигиенические условия пребывания в них людей. Отмечается необходимость решения задач по уменьшению уровня вибрации.

Ключевые слова: транспортная вибрация, дорожно-транспортный комплекс, придорожное пространство, виброперемещение, виброскорость и виброускорение.

V.Gavriush

ANALYSIS METHODS FOR ASSESSMENT OF TRANSPORT VIBRATION WITHIN
INFLUENCE ZONE OF HIGHWAYS

This article discusses methods for assessing transport vibration that occurs in a roadside space. Analyzed negative effects of vibration loads on structures and people which are in their. This article also presents regulatory vibration levels in residential developments, according to the State sanitary rules of planning and building settlements. Growth of velocity and traffic intensity, as well as the changes in the composition of the traffic flow leads to a significant increase in average vibration levels that exceed the standard values. These factors lead to the need for qualitative and quantitative assessments of the impact of transport vibration. Indicates the need for vibration monitoring processes, which acts on humans and buildings within the influence zones of highways. Proposed the establishment of a normative document according to which one could assess the level of vibration load and which will set out recommendations to reduce vibration.

Keywords: vibration transport, road transport complex, roadside space vibro- displacement, velocity and acceleration.

Постановка проблеми. Дорожно-транспортний комплекс оказує суттєве негативне екологічне вплив, яке складається з транспортних забруднень. Серед усіх факторів негативного впливу автомобільних доріг в останні роки найбільше увагу приділяють транспортному шуму і вібрації. Значительне збільшення пасажиро- і вантажопотоків, зростання швидкості та інтенсивності руху транспорту, а також зміни в складі транспортних потоків, обумовлюють необхідність отримання якісних і кількісних оцінок впливу транспортної вібрації. За останнє час середній рівень вібрації, що виробляється транспортом, значно збільшився, тому проблема боротьби з вібраційним забрудненням набуває значущості [1].

Аналіз літератури. Проблемі вібрації в придорожному просторі населених пунктів присвячені дослідження зарубіжних учених і учених вітчизняної школи. Для зменшення рівня вібрації в житловій забудові, прогнозування транспортної вібрації та впровадження методів захисту від вібраційного впливу сприяли численні роботи таких учених як: Silas Gheorghe, D.M. Nerman, Toader Mihai, D.G. Harland., D.S. Sharp, Chiriac Adrian, І.Л. Карагодиной А.І. Вожовой, В.Ж. Захарова, П.І. Поспелова, В.П. Подольського, Ю.Д. Силукова та багатьох інших. Питання впливу вібраційної навантаження та впровадження методів боротьби з транспортною вібрацією потребують подальшого вивчення [2, 3].

Ціль роботи – провести аналіз існуючих методів оцінки вібрації діючої в придорожному просторі населених пунктів.

Изложение основного материала. Расчетные методики определения вибрации для территорий отсутствуют. Существуют только нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная

вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Согласно ССБТ ГОСТ 12.4046-78 «Методы и средства вибрационной защиты. Классификация» для виброопасных машин применяют следующие методы борьбы с вибрацией:

- методы, снижающие параметры вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;

- методы, снижающие параметры вибрации воздействием на источник возбуждения.

Вибрация - движение точки или механической системы под влиянием какой-либо внешней силы, при котором происходят колебания характеризующих ее скалярных величин (виброперемещения, виброскорости и виброускорения).

Колебания в механических системах передаются от дорожной поверхности как через элементы конструкции на водителя и пассажиров, находящихся в салоне, так и через почву, воздействуя на биоту и инженерные сооружения.

Согласно данным действующих норм, вибрации по источнику возникновения различают локальные и общие [4].

Вибрация может измеряться с помощью абсолютных и относительных величин. Абсолютные параметры - виброперемещение, виброскорость и виброускорение. Общие и локальные вибрации оцениваются средними квадратичными и корректируемыми значениями виброскорости (м/с) и виброускорения (м/с²).

Первая производная по скорости - виброускорение формирует ограничения на конструкцию транспортного средства, так как при его движении генерируются частоты вынужденных колебаний до 20 Гц, при которых входят в резонанс с частотой собственных колебаний отдельные внутренние органы человека.

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, действующей в придорожном пространстве, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;

- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;

- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости (v) и виброускорения (a) или их логарифмические уровни (L_v , L_a), измеряемые в 1/1 и 1/3 октавных полосах частот. Логарифмические уровни виброскорости (L_v), в дБ, определяют по формуле:

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{v}{5 \cdot 10^{-8}}, \quad (1)$$

где v – среднее квадратическое значение виброскорости, м/с;

$5 \cdot 10^{-8}$ – опорное значение виброскорости, м/с.

Логарифмические уровни виброускорения в дБ, определяют по формуле:

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a}{1 \cdot 10^{-6}}, \quad (2)$$

где a – среднее квадратическое значение виброускорения, м/с²;

$1 \cdot 10^{-6}$ – опорное значение виброускорения, м/с².

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является скорректированные значения виброскорости и виброускорения (U) или их логарифмические уровни (L_U) измеряемые с помощью корректирующих фильтров или вычисляемые по формулам:

$$U_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \cdot K_i)^2}, \quad (3)$$

или

$$L_{U_i} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{U_i} + L_{K_i})}, \quad (4)$$

где U_i , L_{U_i} - среднее квадратическое значение виброскорости или виброускорения (или их логарифмические уровни) в i -й частотной полосе; n - число частотных полос (1/3 или 1/1 октав) в нормированном частотном диапазоне; K_i , L_{K_i} - весовые коэффициенты для i -й частотной полосы

соответственно для абсолютных значений или их логарифмических уровней, определяемые для локальных и общих вибраций по специальным таблицам.

При интегральной оценке вибрации с учетом времени ее воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения ($U_{экр.}$) или их логарифмический уровень ($L_{U_{экр.}}$), измеренный или вычисленный по формулам:

$$U_{экр.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_i^2 \cdot t_i}{T}} U_{экр.}, \quad (5)$$

или

$$L_{U_{экр.}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} t_i \right), \quad (6)$$

где U_i - скорректированное по частоте значение контролируемого параметра виброскорости (v, L_v) м/с, или виброускорения (a, L_a) м/с²;
 t_i - время действия вибрации, ч;

$$T = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (7)$$

где n - общее число интервалов действия вибрации.

Специальные расчеты на вибрацию и защитные сооружения могут понадобиться при нахождении сейсмочувствительности зданий и сооружений или особых видов производства в зоне действия вибрации (обычно до 30 м от кромки проезжей части). В этих случаях расчеты выполняются в соответствии с методами учета сейсмических воздействий [4, 5].

Согласно Государственным санитарным правилам планирования и застройки населенных пунктов, утвержденных приказом Министерства здравоохранения Украины от 19.06.96 г. №173 установлены следующие нормативные значения уровней вибрации и поправки (таблицы 1, 2):

Таблица 1

Нормативные уровни вибрации в жилых застройках, дБ

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	2	4	8	16	31,5	63
Уровни виброскорости, дБ	79	73	67	67	67	67
Уровни виброускорения, дБ	25	23	25	31	37	47
Уровни виброперемещения, дБ	133	121	109	103	97	91

Таблица 2

Поправки к нормативным уровням вибрации в жилых застройках, дБ

Фактор, который влияет	Условия	Поправка, дБ
Характер вибрации	Постоянная	0
	Непостоянная	-10
Время суток	Ночь	+5
	День	0
Продолжительность воздействия вибрации в дневное время за наиболее интенсивные 30 мин.	Суммарная продолжительность, % 56-100	0
	18-56	+5
	6-18	+10
	Меньше чем 6	+15

Защита от вибрационного воздействия выполняется либо за счет снижения вибраций в источнике, либо путем воздействия на вибрации на пути распространения упругих колебаний в различных средах. Снижение вибраций в источнике может быть достигнуто за счет установления оптимального режима работы, который бы устранял возникновение резонансных колебаний.

Подавление вибраций в средах распространения достигается применением средств виброгашения, виброизоляции и вибродемпфирования.

Выводы. В результате изучения нормативно-правовых документов, можно отметить почти полное отсутствие в Украине нормативных документов дорожной отрасли по влиянию вибраций от автомобильных дорог на жилые застройки.

Необходимо проведение мониторинга процессов вибрации, которые действуют на человека и сооружения в пределах зон влияния автомобильных дорог. А также разработка нормативного документа, согласно которому возможной станет оценка уровня вибрационной нагрузки на сооружения и в котором будут изложены рекомендации по снижению вибраций. При выполнении данных рекомендаций, возможно будет обеспечить соблюдение нормативных уровней вибрации.

1. Экология и безопасность жизнедеятельности: учебн. Пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др., Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТА-ДАНА, 2002. – 447 с.
2. Силуков Ю.Д. Экологическая безопасность на автомобильных дорогах / Ю.Д. Силуков. — Екатеринбург, 2004. — 221 с.
3. ISO 4866:2007 «Mechanical vibration and shock - Vibration of buildings - Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings» («Вибрация и удар. Вибрация зданий. Инструкции по измерению вибрации и оценки ее воздействия на здание»)
4. ГОСТ Р 52892-2007 Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка её воздействия на конструкцию.
5. Новейшая информация по проблеме шума и вибрации / Н.И. Иванов, Г.М. Курцев, Е.В. Карцева, И.И. Потапов. — Проблемы окружающей среды и природ. ресурсов: Обзор. информ. / ВИНТИ, 1998. — С. 124-133 — № 10

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014

УДК 677: 025

Л.Є. Галавська

Київський національний університет технологій та дизайну
РОЗРОБКА ДВОШАРОВОГО ТРИКОТАЖУ ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У роботі висвітлено особливості вироблення двошарового кулірного трикотажу технічного призначення з пружними властивостями у напрямку, перпендикулярному до площини полотна. Представлено результати досліджень його фізико-механічних характеристик, зокрема перевірено стійкість армуючого наповнення двошарового трикотажу, сформованого безпосередньо у процесі в'язання, до стискаючого зусилля.

Ключові слова: двошаровий трикотаж, технічний трикотаж, трикотаж з армуючим наповненням, трикотаж для автомобілебудування.

Рис. 3. Табл. 3. Літ 8.

Л.Е. Галавская.

РАЗРАБОТКА ДВУХСЛОЙНОГО ТРИКОТАЖА ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе освещены особенности выработки двухслойного кулирного трикотажного технического назначения с упругими свойствами в направлении, перпендикулярном к плоскости полотна. Представлены результаты исследований его физико-механических характеристик, в частности проверено устойчивость армирующего наполнения двухслойного трикотажного, сформированного непосредственно в процессе вязания, к сжимающему усилию.

Ключевые слова: двухслойный трикотаж, технический трикотаж, трикотаж с армирующим наполнением, трикотаж для автомобилестроения.

L. Galavska

DEVELOPMENT TWO-LAYER KNITWEAR TECHNICAL PURPOSES

These days, a tendency of finding out of new opportunities of knitting equipment uses in production of technical knitted fabrics takes place. The production of upholstery textiles of various purposes is in progress. For seat upholstery and car interiors decoration knitted materials are widely used. They can be dual-layer (laminated foam) or three layers. There is a global practice of manufacturing of two-layer warp knitted fabrics of technical use with the elastic properties in the direction perpendicular to the fabric plane, and with the possibility of varying its thickness. However, domestic experience of production of weft-knitted technical fabrics with corresponding properties does not exist. But this trend in knitting industry is clearly promising.

A structure of a two-layer technical fabric is developed, and samples are produced on a double-bed circular knitting machine of 10 gauge. As a connecting thread for the elastic properties of the fabric in the direction perpendicular to its surface, a nylon monofilament with diameter $d=0,15; 0,20$ mm were used. Thus for knitting of technical face as well as for knitting of technical back layers cotton-orlon yarn of linear density 25x2 tex was used. During the process of knitting special features of two-layer knitwear manufacturing of connection of separate layers by additional threads of high elasticity are detected. Parameters of the structure and physical and mechanical properties of knitted fabrics have been investigated. Reinforcing filling of two-layer knitwear stability to compressive force is studied.

Keywords: two-layer knitwear, technical knitwear, knitted with reinforcing content, knitwear for the automotive industry.

У загальному об'ємі текстильного виробництва технічний текстиль займає особливе місце. Його значення для промисловості й життя людей важко переоцінити, оскільки немає жодної галузі економіки й побуту людини, де б не використовувалися текстильні матеріали технічного призначення. Навіть складно сказати, який текстиль важливіший для нормального життєзабезпечення людини - побутовий чи технічний. На теперішній час виробництво технічного текстилю є бізнес-сферою, у якій є можливість постійного нарощування обсягів за рахунок поповнення асортименту новими видами продукції [1]. Зокрема, трикотаж, маючи цілий ряд відмітних від інших текстильних матеріалів цінних властивостей, знаходить своє застосування у різноманітних технічних цілях. Використання технічного трикотажу дуже широке, починаючи від самої простої продукції, наприклад, бандажні бинти та пояси, до складної: клапанів серця та судинних протезів у медицині; повітряні фільтри, бар'єри, армування склопластиків складних форм в автомобільній, авіаційній техніці; сільськогосподарські та риболовні сіті тощо.

На сьогоднішній день спостерігається тенденція пошуку нових можливостей в'язального устаткування у сфері виробництва технічного трикотажу. Особлива увага приділяється вивченню можливості переробки нових нетрадиційних видів сировини на в'язальному устаткуванні, адже саме з їх появою розширились звичні рамки застосування трикотажу [2, 3]. Особливо широкого розвитку на сьогоднішній день набуло виробництво оббивних текстильних матеріалів різноманітного цільового призначення. Останнім часом для оббивки сидінь та оздоблення салонів автомобілів широко використовуються трикотажні оббивні матеріали. Вони можуть бути

двошарові (дубльовані поролоном) або тришарові. При цьому для утворення зовнішніх шарів застосовують найчастіше трикотажні кулірні та основов'язані полотна з текстурованих поліефірних ниток. У якості проміжного шару для забезпечення пружності текстильного матеріалу у напрямку, перпендикулярному площині полотна, використовується в основному паралон товщиною від 3 до 10 мм. Таким чином, в основному – це композиційні текстильні матеріали, з'єднані клейовим способом. На основі двошарових переплетень можливе виготовлення трикотажу з пружними властивостями у напрямку, перпендикулярному до площини полотна, безпосередньо у процесі в'язання, що дозволяє уникнути додаткових операцій з'єднання шарів у композиційний текстильний матеріал [4-6].

У результаті аналізу науково-технічної літератури нами виявлено, що на теперішній час існує світова практика виготовлення двошарового основов'язального трикотажу технічного призначення з пружними властивостями у напрямку, перпендикулярному до площини полотна, та можливістю варіювання товщини полотна. Лідером з вироблення двошарового основов'язаного трикотажу є двофонтурні основов'язальні машини фірми «Karl Maag» (Німеччина) [4]. Фірмою «Karl Maag» з кінця 2002 року налагоджено серійне виробництво двофонтурних основов'язальних рашель-машин високого класу для вироблення багатошарових полотен значної товщини (до 60 мм). Однак, вітчизняний досвід виготовлення кулірного технічного трикотажу з відповідними властивостями відсутній. Хоча даний напрямок у трикотажній галузі є вочевидь перспективним.

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктом дослідження є процес вироблення на двофонтурній круглов'язальній машині 10 класу двошарового кулірного трикотажу з пресовим з'єднанням шарів додатковими нитками. У роботі використано теоретико-експериментальний метод. Для обробки результатів досліджень застосовується загальновідомий метод статистичної обробки даних.

Постановка завдання

Застосування трикотажних матеріалів у різних областях техніки обумовлене проявом унікальних фізико-механічних властивостей, властивих їх петельній структурі у поєднанні з властивостями ниток. На мій погляд, саме виробництво технічного трикотажу може стати новим витком в успішному розвитку трикотажної галузі України.

Як зазначалося вище, технічний трикотаж широко використовується у транспортних засобах у якості текстильного матеріалу для оздоблення інтер'єру салону, багажника, системи безпеки (подушки і ремні), а також вузлів і агрегатів загально технічного призначення. Зокрема, в автомобілебудуванні оббивні матеріали використовуються для обшивки сидінь, бічних поверхонь і дверей, внутрішньої поверхні даху й підлоги салону, рукавичного ящика й ін. [5, 6]. Штучні матеріали застосовуються також для забезпечення тепло- і звукоізоляції салону, причому звукоізоляції приділяється все більша увага. Для цього двері, внутрішню частину даху й підлоги салону автомобіля обшивають об'ємними (багатошаровими) матеріалами, що поглинають звук. Такі матеріали складаються, як правило, зі звукопоглинаючого шару, дубльованого текстильним полотном або штучною шкірою. При цьому дублюючі (лицьові) матеріали виконують також декоративні функції. У якості звукопоглинаючого шару використовується в основному неткане полотно аеродинамічного або механічного способу полотнотворення з поверхневою густиною від 800 до 2500 г/м². Такий матеріал повинен мати значну механічну міцність. Для виготовлення нетканого полотна застосовуються волокнисті суміші складного складу. До складу сумішей входять поліпропіленові волокна, поліефірні, відновлені волокна (наприклад, зі старих автомобільних оббивок) модифіковане бавовняне волокно, а також скляні й ін. волокна. Іноді для зміцнення неткане полотно скріплюють із армованим матеріалом, що може бути також декоративним елементом. У якості основи для виготовлення штучної шкіри використовуються гладкі та трикотажні полотна з начосом.

Останнім часом для оббивки сидінь та оздоблення салонів автомобілів широко використовуються такі трикотажні матеріали як оксамит, велюр, жакард. Ці полотна відрізняються високою якістю, мають привабливий зовнішній вигляд; у порівнянні з іншими текстильними матеріалами завдяки своїй розтяжності гарно повторюють форму деталей, які покривають; м'який рівномірний гриф; низьку усадку; стійкість до стирання, не пілінгуються та не вигорають. Оббивка сидінь у процесі експлуатації піддається деформаціям при постійних механічних навантаженнях. Вона повинна відрізнитися міцністю у напрямку, перпендикулярному до площини полотна, стійкістю до вигину та стирання. Крім того повинна відповідати певним естетичним (декоративним) вимогам та сприяти створенню сучасного стилю і дизайну.

Слід зазначити, що спроби вторгнення звичайних технологій (виробництва) в області створення технічного текстилю не завжди є успішними, тому що виготовлення технічного текстилю є сферою високих і наукомістких технологій. Вона вимагає професійних знань і точних наукових (інженерних) розрахунків. Для підвищення якісних властивостей технічного трикотажу спеціального призначення ведуться роботи над подальшим розвитком теорії трикотажних переплетень, створенням нових видів трикотажу, розробки високоефективних процесів в'язання з оптимальними параметрами фізико-механічних характеристик трикотажу.

Найбільш перспективним напрямком у створенні нового асортименту трикотажних полотен є комбінування відомих переплетень і їхніх елементів різними способами. У двошаровому трикотажі полотна з'єднують одне з одним елементами петельної структури у процесі в'язання. При двошаровому в'язанні проблема підвищення якості і розширення асортименту вирішується підбором переплетень для шарів, елементів з'єднання, порядку їхнього чергування, виду, лінійної густини та кольору пряжі, оптимальних параметрів шарів і їхнього співвідношення [4, 7]. З економічної точки зору двошарове в'язання доцільне, тому що дозволяє використовувати сполучення сировини різних видів, а отже, і різних за вартістю без збитку для якості продукції та знижувати матеріалоємність трикотажу; процес двошарового в'язання у ряді випадків продуктивніший, ніж в'язання трикотажу інших комбінованих переплетень.

Як показує практика, в'язання двошарового кулірного трикотажу на двофонтурних круглов'язальних машинах, навіть у разі використання традиційних видів сировини, пов'язане з цілою низкою проблем, вирішення яких можливе лише завдяки установці додаткових пристроїв у зоні в'язання. Крім того, виробництво технічного трикотажу часто вимагає використання нетрадиційних видів сировини, переробка якого на даному типі в'язального обладнання в свою чергу також призводить до порушення процесу петлетворення [8]. Тому створення технічного трикотажу для використання у автомобіле- та літакобудуванні у якості обшивки салонів та сидінь є актуальним науковим напрямком і потребує наукових досліджень у сфері розробки структури, вибору відповідних видів сировини та виявленні особливостей його виготовлення на двофонтурних круглов'язальних машинах.

Результати та їх обговорення

У результаті аналізу структур двошарового кулірного трикотажу для виготовлення технічного трикотажу обрано кулірний трикотаж з пресовим з'єднанням шарів додатковими нитками. Шари двошарового трикотажу представляють собою переплетення гладь, які з'єднані пресовими накидами з додаткової системи ниток. Оскільки дані нитки не пров'язуються в петлі, то є можливість використати нитку значно більшої лінійної густини, ніж дозволяє клас в'язальної машини, з відповідними пружними характеристиками для забезпечення армуючих властивостей полотна у напрямку, перпендикулярному до поверхні полотна. Для виготовлення одного ряду такого полотна необхідні три системи. Графічний запис переплетення представлено на рис. 1.

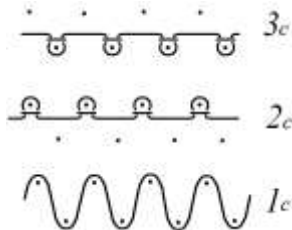


Рис.1. Графічний запис двошарового трикотажу з пресовим з'єднанням додатковими нитками

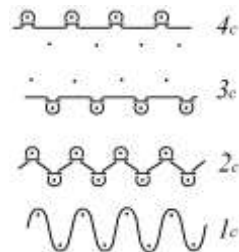


Рис.2. Графічний запис трикотажу комбінованого переплетення

Для виготовлення технічного трикотажу, призначеного для обшивки сидінь автотранспорту, нами обрано бавовняно-нітронову пряжу лінійної густини 25Х2текс для формування шарів трикотажу. У якості з'єднувальної нитки обрано капронову мононитку діаметром 0,15мм, 0,20 мм. На нашу думку, завдяки достатній пружності капронової мононитки можливе виготовлення трикотажу з армуючим наповненням, який матиме достатню товщину не тільки у вільному стані, а й при значному навантаженні (1кг на площадку діаметром 10 мм). Для виявлення структури трикотажу, що забезпечує кращі пружні властивості у напрямку, перпендикулярному до поверхні

полотна, вироблено також зразок трикотажу, в якому після формування з'єднувальних накидів з капронової мононитки діаметром 0,15мм, відбувається в'язання ряду ластику з основної сировини (рис. 2). Зразки трикотажу вироблені на двофонтурній круглов'язальній машині 10-го класу.

При використанні пресового способу з'єднання додатковими нитками нормалізація процесу петлетворення досягається лише при встановленні пруткового механізму в проміжку між фонтурами (рис. 3) в зоні після утворення з'єднувальних накидів і до моменту виконання операції замикання в системі утворення одного з шарів двошарового трикотажу.



Рис.3. Додатковий прутковий механізм

Необхідність встановлення пруткового механізму пояснюється недостатнім зусиллям відтягування, оскільки з'єднувальні елементи сформовані з додаткової нитки і ще не пов'язані з полотном, а на в'язальному обладнанні забезпечується лише загальне відтягування полотна за рахунок дії механізму відтягування затискного типу. Експериментальним шляхом встановлено, що важливу роль відіграє і послідовність формування шарів трикотажу [8]. У разі, коли після системи, в якій утворюються з'єднувальні накиди, здійснюється процес петлетворення на голках циліндра, старі петлі при підйомі голок циліндра на замикання виштовхують встановлений прутковий механізм. Це призводить до порушення процесу петлетворення і поломки гачків голок ріпшайби. Зазначене порушення процесу петлетворення характерне при використанні не лише нетрадиційних, але й традиційних для трикотажної галузі видів сировини. При утворенні ж першим шару на голках ріпшайби, процес петлетворення протікає без ускладнень: старі петлі не піднімаються разом з голками ріпшайби під час замикання внаслідок того, що зусилля відтягування петель на голках циліндра і ріпшайби є нерівномірно розподіленим і значно більшим на голках ріпшайби, оскільки петлі по відношенню до голок цієї фонтури розташовані під більшим кутом. Таким чином, при висуванні голок ріпшайби від центру машини петлі, повертаючись на приведений кут тертя, не переміщуються разом з голками і тим самим не виявляють значного тиску на пруток. Крім того, навіть у разі незначного виштовхування прутков не розташовується на лінії руху голок.

Для оцінки якісних показників виготовлених зразків трикотажу та вибору зразка, який можна було б рекомендувати для виготовлення трикотажу спеціального призначення, а саме автомобілебудування, нами досліджено наступні механічні характеристики: зміна лінійних розмірів після прання; товщина полотна у вільному стані та під навантаженням; розривні характеристики та зносостійкість.

Одержані результати досліджень зміни лінійних розмірів (табл.1) ілюструють, що після прання розроблені зразки трикотажних полотен збільшили лінійні розміри по ширині (відбулася притяжка) та зменшили по довжині (відбулася усадка). Найменшу притяжку вздовж петельних рядів має зразок комбінованого переплетення, в структурі якого міститься ряд ластику з сировини базового переплетення, який саме і стримує прояв пружних властивостей капронової мононитки значної жорсткості, з якої сформовані пресові з'єднувальні елементи шарів трикотажу. Значна усадка зразка №1 вздовж петельних стовпчиків спричинила зростання щільності по вертикалі і як наслідок поверхневої густини.

Таблиця 1

Результати дослідження параметрів структури

№ зразка	Усадка трикотажу		Поверхнева густина, г/м ²
	вздовж пет. стовчиків, %	вздовж пет. рядів, %	
1	20	-5	482
2	15	-7	424
3	14	-2	420

З метою перевірки відповідності розроблених зразків трикотажних полотен вимогам, що висуваються до текстильних матеріалів для автомобілебудування, нами досліджено товщину розроблених зразків полотен до прання, після прання та під навантаженням 1 кг на 1см². Товщина трикотажного полотна визначено за допомогою ручного товщиноміра індикаторного типу ТР 25-100. Результати досліджень представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Товщина досліджуваних трикотажних полотен

Номер зразка	1	2	3
Товщина до прання, мм	2,27	2,03	1,98
Товщина після прання, мм	2,55	2,33	2,17
Товщина під навантаженням 1кг на 1см ² , мм	1,45	1,35	1,16

Як видно з результатів досліджень, зменшення діаметру нитки, яку використано у якості армуючого наповнення, на 0,05мм при незмінних параметрах в'язання призводить до зменшення товщини трикотажу після прання на 8,6%, а під навантаженням – на 6,9% (порівняння зразків №2 та №1). Введення у структуру двошарового трикотажу ряду ластичного переплетення за умови збереження заправки та параметрів в'язання призводить до зменшення товщини після прання на 6,9%, а під навантаженням – на 14,1% (порівняння зразків №3 та №2). Крім того, спостерігається збільшення товщини полотна, що пояснюється усадкою трикотажу вздовж петельних стовчиків, внаслідок чого сформовані пресові з'єднувальні накиди з капронової мононитки значної жорсткості розташовуються ближче до перпендикуляру полотна. Результати досліджень зміни товщини полотна під навантаженням підтверджують доцільність використання зразків №1 та №2 у якості текстильного матеріалу для сидінь та чохлів автотранспорту.

Як відомо, зношування - це процес, який протікає у часі під дією яких-небудь факторів і призводить до погіршення структури і властивостей матеріалу або його руйнування. Кінцевим результатом зношування є знос. Здатність матеріалу протистояти зношуванню називається зносостійкістю. Основними показниками зносу і зносостійкості трикотажних полотен є пілінгуємість і стійкість проти стирання. На першому місці серед багатьох факторів, що впливають на результати стирання, знаходиться абразивний матеріал, який використовується під час дослідження. При виборі абразиву насамперед необхідно спиратися на те, щоб полотно на приборі за характером і кінетикою стиралося так само як воно стирається в реальних умовах експлуатації. Наприклад, оскільки оббивні матеріали для автомобілів зазвичай зазнають усталосний знос, для них доцільно використовувати менш жорсткі абразиви, яким є сірошинельне сукно. Дослідження на пілінгуємість і стійкість до стирання виконані на приладі ДИТ-М. Враховуючи структуру та сировинний склад досліджуваних полотен, кількість циклів до стирання становила 5 000. При цьому кількість пілей перевіряли через кожні 100 циклів. У результаті проведених досліджень виявлено, що на полотні не з'явилися ні пілі, ні дірки навіть через 5 000 циклів. Таким чином, розроблені зразки трикотажних полотен віднесено до непілінгуємої групи та у відповідності до стійкості до стирання до особливо міцної групи. Слід також зауважити, що при виробленні трикотажних полотен для виготовлення чохлів та обшивки сидінь автотранспорту слід використовувати синтетичні види сировини у суміші з натуральними, які дозволяють зменшити пілінгуємість, ступінь стирання і таким чином підвищити зносостійкість та передбачають можливість здійснення їх хімічної чистки у процесі експлуатації.

Розривні характеристики є основними показниками, прийнятими для якісної оцінки трикотажних полотен технічного призначення. До усіх стандартів і технічних умов на трикотажні полотна включені нормативні параметри розривного навантаження. Також ці властивості являються дуже важливими при проектуванні трикотажу для автомобілебудування, адже розривне навантаження характеризує довговічність, зносостійкість, а головне міцність трикотажних полотен. Для визначення розривних характеристик при одноосному розтягуванні використано розривну машину РТ-250М з постійною швидкістю опускання нижнього затискача. Отримані у результаті дослідження і розрахунків показники характеристик міцності і розтяжності досліджуваного матеріалу представлено у табл. 3.

Таблиця 3

№ зразка	Розривальне зусилля			Розривальне видовження	
	абсолютне Рр, Н	питоме Рпит, даН	відносне Рв, даН · м/г	абсолютне Ір, мм	відносне εр, %
вздовж петельних стовпчиків					
1	140,4	4,7	6,4	36,6	81,4
2	144,9	4,6	6,0	25,8	57,4
3	142,3	5,1	6,5	29,7	66
вздовж петельних рядів					
1	233,5	5,6	10,6	28,2	62,6
2	166,9	3,1	6,9	28,2	62,6
3	219,9	4,4	10,1	24	53,4

Ознайомившись з характером розривів та отриманими значеннями показників характеристик міцності та розтяжності досліджуваних зразків трикотажних полотен, зроблено наступні висновки. Одержані зразки трикотажу технічного призначення мають достатньо високі показники міцності як вздовж петельних рядів, так і петельних стовпчиків. Міцність досліджуваних зразків трикотажу вздовж петельних стовпчиків майже однакова. При цьому значення абсолютного розривального зусилля вздовж петельних рядів більші ніж вздовж петельних стовпчиків, що пояснюється розташуванням у поперечному напрямку у вигляді пресових накидів капронової мононитки, що має значно більшу міцність від традиційних видів сировини, що використовується у трикотажному виробництві (у зразка №1 – на 66,3%, у зразка №2 – на 15,2%, у зразка №3 – на 54,5%). Зменшення діаметру капронової мононитки на 0,05мм в структурі зразка №2 спричинило зменшення міцності вздовж петельного ряду у порівнянні зі зразком №1 на 28,5%. Для зразка №2 характерна майже однакова міцність як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках, що є позитивним моментом з позиції його використання у технічних цілях.

Як видно з результатів досліджень, значення абсолютного розривального видовження розроблених зразків трикотажних полотен вздовж петельних стовпчиків та рядів відрізняються у незначній мірі. Значно більше розривальне видовження зразка №1 пояснюється його більшою щільністю по вертикалі внаслідок усадки (20%), відповідно до чого при розтягуванні у затискній довжині є більша кількість рядів, в яких відбувається перерозподіл нитки з дуг у палички петель. Зменшення діаметру капронової мононитки на 0,05мм не призвело до суттєвих змін у величинах абсолютного розривального видовження вздовж петельних рядів зразків №1 та №2. Зразок №2 характеризується однакою абсолютним розривальним видовженням по довжині та ширині полотна.

Висновки

1. У результаті аналізу науково-технічної та патентної літератури виявлено, що питання розробки двощарового кулірного технічного трикотажу спеціального призначення на Україні не досліджені, хоча цей напрямок у трикотажній галузі є вочевидь перспективним.
2. Однією з вимог до в'язального обладнання для виготовлення двощарового кулірного трикотажу є забезпечення в'язально-в'язального процесу петлетворення без розподілу, тобто обидві голечниці повинні бути активними. Таким вимогам відповідає в'язальна машина КЛК-5 10 класу, яку й було обрано для в'язання експериментальних зразків.
3. Двошарове переплетення дозволяє виготовити технічний трикотаж спеціального призначення з кращими пружними властивостями у напрямку перпендикулярному до поверхні полотна, та більшою товщиною, а от використання простого комбінованого переплетення не дає нам бажаних результатів.
4. Для забезпечення пружних властивостей полотна та його достатньої товщини під навантаженням обрано капронову мононитку типу «риболовецька ліска».
5. Для виготовлення технічного трикотажу використано пресовий спосіб з'єднання шарів додатковими нитками.

6. Внаслідок досить високої жорсткості капронової нитки, що використовується у якості з'єднувальної, спостерігається притяжка полотен по ширині після прання.
 7. Введення у структуру двощарового трикотажу ряду ластичного переплетення призводить до зменшення товщини трикотажу у вільному стані та під навантаженням.
 8. У результаті дослідження механічних властивостей трикотажних полотен при розтягуванні їх до розриву виявлено, що досліджувані зразки наділені досить високими показниками абсолютного розривального зусилля та розривального навантаження. Найкращі результати спостерігаємо у зразка №2, в якого значення вздовж петельних стовпчиків та петельних рядів майже не відрізняються, що є дуже добрим показником з позиції використання даного полотна у технічних цілях, зокрема в автомобільній галузі.
-
1. Кашеев О.В. Российский рынок технического текстиля. Анализ, проблемы, тенденции и перспективы его развития // Текстильная химия. – 2003. – №2. – С.15–21.
 2. Перепелкин К.Е. Химические волокна для текстильной промышленности: основные виды, свойства и применение // Текстильная химия. – 2001. – №1. – С. 19–31.
 3. Перепелкин К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности. // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002, т. XLVI – №1. – С. 31-48.
 4. Пospelов Е.П. Двухслойный трикотаж. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 154 с.
 5. Агапов В.А. Многослойный трикотаж. // Текстиль бытовой, технический, специальный. – 2003. – №4. – с.18-19.
 6. Строганов Б.Б. Квазимногослойный кулирный трикотаж. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 200. – №1. – с.79-81.
 7. Агапов В.А., Макаренко С.В. Технический трикотаж с плосковязальных автоматов. // Текстиль. – 2003. – № 3.
 8. Галавская Л.Е. Проблемы производства технического интегрированного трикотажа на двухфонтурных кругловязальных машинах. [Электронный ресурс] // Технический текстиль. – 2008. – №17. Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/1443.html>

Стаття надійшла до редакції 15.04.2014

УДК 625.72

І.П.Гамеляк, В.В.Петрович, В.Ю.Скрипник
Національний транспортний університет
ВПЛИВ ТЕРМОВОЛОГОПЕРЕНЕСЕННЯ НА ВОДНО-ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ
ДОРОЖНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ

В статті розглянуті методи зменшення впливу термовологоперенесення на водно-тепловий режим ґрунтів активної зони дорожньої конструкції. Наведено результати досліджень регулювання водно-теплого режиму активної зони з урахуванням впливу парогідроізоляційного шару з геокомпозиту.

Подальші дослідження будуть пов'язані з встановленням закономірності надходження води в дренаючі шари з нижньої частини активної зони дорожньої конструкції під впливом постійного навантаження та вдосконаленням конструкції парогідроізоляційного шару.

Ключові слова: термовологоперенесення, водно-тепловий режим, парогідроізоляційний шар, геокомпозит, активна зона дорожньої конструкції

Табл.8. Рис.4. Форм. 4. Літ. 16.

И.П.Гамеляк, В.В. Петрович, В.Ю. Скрипник
ВЛИЯНИЕ ЯВЛЕНИЯ ТЕРМОВЛАГОПЕРЕНОСА НА ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ
ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

В статье рассмотрены методы уменьшения влияния тепловлагопереноса на водно - тепловой режим грунта активной зоны дорожной конструкции. Приведены результаты исследований регулирования водно - теплового режима активной зоны с учетом влияния парогидроизоляционного слоя с геокомпозита.

Дальнейшие исследования будут связаны с установлением закономерности поступления воды в дренарующие слои из нижней части активной зоны дорожной конструкции под воздействием постоянной нагрузки и совершенствованием конструкции парогидроизоляционного слоя.

Ключевые слова: тепловлагоперенос, водно-тепловой режим, парогидроизоляционный слой, геокомпозит, активная зона дорожной конструкции.

I.Gameliak, V.Petrovich, V. Skrypnyk
INFLUENCE OF MOISTURE THERMAL TRANSFER EFFECT ON WATER-THERMAL
MODE OF ROAD CONSTRUCTION

The article deals with methods of moisture thermal transfer impact reduction on water and soil thermal regime of road construction active zone. It's known that the nature of water and thermal conditions determines by the power of moisture source, the nature of water displacement, rate and duration of roadbed active zone cooling. This article presents the results of water-thermal regime regulation studies of the active zone with the influence of geo-composites vapor and hydro-protective layers.

Object of the study – phenomenon of humid heat transfer in active zone of road construction.

Purpose of the study – study of the moisture heat transfer influence to the water-heat mode of road construction active zone using vapor moisture-insulating layer of geo-composites.

The method of research - experimental studies conducted with the use of specially made installations, fittings and methods of research.

Experimentally proved that geo-composite layers that was placed between the fourth and fifth levels of the soil, contributes to stop the further migration of moisture and drainage of the soil column.

The maximum value of the current humidity observed at a depth of approximately 350 mm of soil column or 1/3 of the road construction active zone depth. Experimental values of the current humidity is much lower compared with the calculated analytically, especially in the roadbed active zone.

The findings of the study and recommendations for further research:

- obtained the regression equation of the water abstracted resulting volume V_d dependence on soil moisture W and temperature gradient $gradT$;

- as a result of experimental verification established the fact of water removal by the areas of geo-composite vapor moisture-insulating layers, while maintaining a constant value of initial moisture on top of the soil column;

- volume of abstracted water by geo-composite layer depends on the initial soil moisture and temperature gradient.

Further studies will be associated with the establishment of water flow patterns in the draining layers from the bottom of the road construction active zone under the constant load influence and improvement of the vapor moisture-insulating layers design.

Key words: Moisture thermal transfer effect, water and thermal mode, vapor moisture-insulating layers, geo-composite, road construction active zone.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними дослідженнями

У період експлуатації автомобільної дороги, внаслідок впливу температури повітря, атмосферних опадів, поверхневих та ґрунтових вод земляне полотно та дорожній одяг знаходяться в відповідному водно-тепловому режимі, від якого залежить міцність ґрунтів в активній зоні та

©І.П.Гамеляк, В.В.Петрович, В.Ю.Скрипник

стійкість земляного полотна, міцність та довговічність конструкції дорожнього одягу. Небезпечний вплив зміни водно-теплого режиму проявляється в зниженні ущільненості ґрунту активної зони, зниженні міцності, появи пучин взимку та просядок навесні, появи тріщин на покритті автомобільної дороги. В цілому це приводить до зниження рівності, міцності дорожніх одягів та, як наслідок, зменшення швидкості руху та продуктивності транспорту.

Характер водно-теплого режиму дорожньої конструкції визначається потужністю джерел зволоження (атмосферні опади, поверхневі та ґрунтові води, водяна пара) та характером переміщення вологи, швидкістю та тривалістю охолодження активної зони земляного полотна. Тому виникає нагальна потреба підвищення стабільності дорожньої конструкції автомобільної дороги протягом року за рахунок спрямованого регулювання її водно-теплого режиму.

Аналізуючи сучасний стан цього питання, слід зазначити теорію перенесення тепла і вологи в земляному полотні, що була покладена в основу створення розрахункових теорій В.М. Сіденка [1], які знайшли своє застосування для характеристик водно-теплого режиму земляного полотна II-IV дорожніх кліматичних зон. Значний внесок у розвиток теорії регулювання водно-теплого режиму земляного полотна внесли роботи І.А. Золотаря, А.Я. Тулаєва [1], Н.А. Пузакова [2], М.Б. Корсунського [3], В.І. Рувинського, Е.І. Шелопаєва, й інших. Метод Н.А. Пузакова донедавна був основою для розрахунку характеристик водно-теплого режиму земляного полотна в районах з сезонним промерзанням ґрунтів. У подальшому отримала теоретичне обґрунтування та практичне застосування фізико-технічна теорія регулювання водно-теплого режиму земляного полотна, яка була розроблена в СоюздорНДІ групою вчених під керівництвом В.І. Рувинського [4] та покладена в основу створення Посібника до СНіП 2.05.02-85 з проектування методів регулювання водно-теплого режиму верхньої частини земляного полотна.

Регулюванню водно-теплого режиму земляного полотна присвячена робота А.І. Ярмолінського [5]. У ній наведено результати досліджень з регулювання водно-теплого режиму земляного полотна з урахуванням впливу купольних ребристих плит; компенсаційних добавок у здимальні ґрунти; гідрофобізованих дисперсних матеріалів і відходів промисловості в теплоізолюючих і гідроізолюючих шарах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій у яких розпочато вирішення даної проблеми. Розвитку методів прогнозування та регулювання водно-теплого режиму глинистих ґрунтів земляного полотна автомобільних доріг, що експлуатуються, присвячена робота С.В. Толстеньова [6]. Він запропонував математичну модель процесу термоградієнтного перенесення вологи з глибинних шарів ґрунту до шару, який промерзає. На основі теорії термодифузійного тепло- і масоперенесення розроблено розрахунковий метод визначення величини зимового висхідного вологоперенесення в ґрунтах, особливістю якого є врахування відведеної теплоти, тепловмісту та вмісту вологи в повітрі пор ґрунту. Чим також запропонована конструкція теплової труби для діагностики та регулювання водно-теплого режиму земляного полотна при глибокому заляганні ґрунтових вод [7].

Гнездиловою С.А. [8] запропонована методика врахування змін стану ґрунту при проектуванні дорожнього одягу. Розроблена математична модель прогнозування модуля пружності земляного полотна з урахуванням впливу кліматичних умов. На підставі експериментальних досліджень встановлені залежності міцності та деформованості глинистих ґрунтів у залежності від відносної вологості.

Явищу термовологоперенесення були присвячені дослідження, проведені в Московському Державному Університеті ім. М.М. Ломоносова [9]. Згідно експериментів, проведених на кафедрі ґрунтознавства та інженерної геології, ґрунт, що мав вихідну рівномірну вологість 15,5%, в результаті термовологоперенесення під дією градієнту температури стає нерівномірно зволеним.

Дослідженню особливостей водно-теплого режиму автомобільних доріг з розробкою рекомендацій щодо його регулювання нафтоґрунтовими шарами присвячена робота Є.В. Пулінець [10]. В результаті дослідної перевірки стану нафтоґрунтових шарів у дорожніх конструкціях було показано їх стабілізуючий вплив на водно-тепловий режим автомобільних доріг: зниження глибини промерзання земляного полотна, зменшення обсягу вологонакопичення, підвищення загального модуля пружності та поліпшення міцностних властивостей у несприятливі періоди експлуатації автомобільних доріг.

Боровиковим В.В. [11] був розроблений метод розрахунку дренажних шарів з текстильним синтетичним матеріалом методом кінцевих елементів, що дозволяє оцінювати ефективність їх використання та вплив на них різноманітних конструктивних параметрів. Також був розроблений метод розрахунку дренажних шарів з урахуванням руху води у капілярній зоні, що дає змогу більш обґрунтовано назначати конструктивні параметри дренажного шару.

©І.П.Гамеляк, В.В.Петрович, В.Ю.Скрипник

Моделюванню динаміки водного режиму дренажного шару аеродромного одягу присвячена робота А.Н. Попова [12]. Автором була розроблена та експериментально підтверджена математична модель руху води в пружно-пластичному середовищі та визначені закономірності надходження води у дренажні шари з верхньої частини земляного полотна під впливом динамічного навантаження. Отримано закономірності надходження вільної води у дренажний шар в залежності від величини залишкового порового тиску та часу його збереження. Розроблено аналітичні залежності величини залишкового порового тиску від величини та часу дії колісного навантаження, конструкції аеродромного одягу, деформаційних властивостей ґрунту.

Зміну водно – теплового режиму в річному циклі з використанням оригінального підходу розглянуто в роботі Носова В.П. та Носова В.В. [13]. Виконано математичне моделювання водно-теплового режиму автомобільних доріг з використанням методу динамічної адаптації.

Особливості водно – теплового режиму аеродромних одягів та покриттів розглянуто в роботі [14].

На сьогоднішній день практично відсутні моделі та методи розрахунку водно – теплового режиму основи та земляного полотна з врахуванням використання сучасних геосинтетичних матеріалів.

Мета роботи. Існуючі методи та запропоновані заходи запобігання зниження міцності ґрунтів у несприятливі періоди експлуатації автомобільних доріг мають ряд недоліків, зокрема не достатньо враховується явище вологотеплоперенесення при високому заляганні ґрунтових вод. Тому виникає нагальна потреба проведення експериментальних досліджень міграції вологи в активній зоні дорожньої конструкції з врахуванням наявності парогідроізоляційного шару з геокомпозиту.

Виклад основних результатів дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Міграція води в промерзаючих ґрунтах відбувається внаслідок впливу різних сил, які визначають переважне значення того чи іншого механізму перенесення вологи. Цитович Н.А. перераховує найголовніші з них:

- 1) сили пружності водяної пари (мають важливе значення в маловологих ґрунтах);
- 2) капілярні сили порової води (є вторинним ефектом дії адсорбційних сил і в процесі міграції води в промерзаючих ґрунтах, не маючи самостійного значення, обумовлюють капілярно-плівковий механізм при досяжній глибині залягання ґрунтових вод, меншої глибини максимального капілярного підняття);
- 3) зовнішній і внутрішній тиск, включаючи вакуум (викликає напірний рух ґрунтових вод, що обумовлює при відповідних умовах значне здимання ґрунтів та морозне здимання);
- 4) осмотичні сили (мають переважне значення і визначають процес міграції лише при значній кількості в поровій воді розчинених речовин);
- 5) сили кристалізації льоду (мають істотне значення в процесі льодовиділення та накопичення льоду біля фронту промерзання, приєднуючи до утворених льодових тіл все нові і нові порції мігруючої води, значно посилюючи процес адсорбційно-плівкового механізму міграції);
- 6) адсорбційні сили органо-мінерального скелету ґрунту та льоду, що виникають під дією вільної поверхневої енергії мінеральних часток, мають першорядне значення для будь-яких промерзаючих дисперсних ґрунтів і залежно від природи обмінних катіонів і капілярних властивостей ґрунту визначають інтенсивність міграції та величину морозного здимання.

Сили міграції тільки тоді викликають рух порової води в промерзаючих ґрунтах, коли порушується рівновага фаз і створюються умови виникнення різних градієнтів вологості, температури, адсорбційно-плівкових, осмотичних та інших тисків і, нарешті, ізобарного потенціалу вільної енергії мінеральних часток.

Тому на підставі визначених факторів та їх впливу на водно-тепловий режим дорожньої конструкції, для проведення експериментальних досліджень у лабораторних умовах на першому етапі було обрано два фактори: початкова вологість ґрунту та градієнт температури.

Інтервали варіювання факторів та їх значення в натуральному масштабі на основному, верхньому та нижньому рівнях вказані в табл. 1.

Таблиця 1

Інтервал варіювання факторів та їх значення в натуральному масштабі

Фактори	Початкова вологість ґрунту, W (%) X ₁	Гradient температури, gradT (°C/м) X ₂
Основний рівень (x _i)	12	13,3 (-2°C÷+6°C)
Інтервал варіювання (Δx _i)	4	6,7
Верхній рівень (x _i =1)	16	20 (-2°C÷+10°C)
Нижній рівень (x _i =-1)	8	6,6 (-2°C÷+2°C)

Для отримання більш повної інформації про досліджувані залежності проведено повний двофакторний експеримент. Симетричний ортогональний композиційний план другого порядку на трьох рівнях (-1; 0; +1) в кодованому та натуральному масштабах наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

План експерименту в кодовому та натуральному масштабах

№ досліду	Порядок реалізації	Кодовий масштаб		Натуральний масштаб	
		x ₁	x ₂	X ₁	X ₂
1	4	-1	-1	8	6,6
2	8	0	-1	12	6,6
3	2	+1	-1	16	6,6
4	6	-1	0	8	13,3
5	9	0	0	12	13,3
6	5	+1	0	16	13,3
7	3	-1	+1	8	20
8	7	0	+1	12	20
9	1	+1	+1	16	20

Для експерименту використовували суглинок легкий пілуватий, темно – сірого кольору, придатний для зведення земляного полотна. При завантаженні контейнера ґрунтом згідно з ДСТУ Б.В.2.1-8:2001 [15] відбиралася проба для визначення початкової вологості, щільності, пористості, водопроникності (коефіцієнту фільтрації). (табл. 3).

Таблиця 3

Фізико-механічні характеристики суглинку легкого пілуватого

Фізико-механічні характеристики	Показник
Щільність у природному стані	$\rho = 1,81 \text{ г/см}^3$
Щільність сухого ґрунту	$\rho_d = 1,41 \text{ г/см}^3$
Щільність частинок ґрунту	$\rho_s = 2,68 \text{ г/см}^3$
Коефіцієнт пористості	$e = 0,910$
Коефіцієнт щільності	0,93
Коефіцієнт ущільнення	1,1 (при 0,98)
Коефіцієнт фільтрації	0,0146 м/добу
Границя текучості, W _L , %	28,05
Границя розкочування, W _P , %	21,01
числом пластичності, J _P , %	7,04

Перед початком експерименту ґрунт, ретельно перемішувався з додаванням розрахованої кількості води з метою отримання заданої початкової вологості за планом експерименту. Потім ґрунт завантажувався в поліетиленові пакети вагою по 4 кг та зберігався в додатковій холодильній камері, де його температура доводилася до +1°C. До такої ж температури охолоджувалася в основному холодильнику конструкція стенду.

Для проведення лабораторних експериментальних досліджень щодо визначення здатності парогідроізоляційного шару з геокомпозиту до дренажування та відведення води з активної зони

дорожньої конструкції під дією капілярних сил і тепловологопереносу було створено спеціальну установку в науково-дослідній лабораторії ґрунтознавства та механіки ґрунтів Автомобільно-дорожнього інституту Донецького національного технічного університету.

Установка складається з холодильної камери, в яку поміщено контейнер з підготовленим ґрунтом. Для інтенсифікації спільного теплообміну у випарник холодильної камери встановлений вентилятор. Розміри контейнера в плані 180×180 мм і висотою 600 мм.

Контейнер виготовлено з деревинно-стружкової плити, теплоізольовано пінопластовими плитами товщиною 50 мм та змонтовано на металевому каркасі. Верхня поверхня ґрунту не теплоізольована та контактує з повітрям.

Температура повітря в холодильній камері над поверхнею ґрунту підтримується автоматично постійною $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за допомогою регулятора температури холодильної камери.

Контроль і підтримка заданої температури нижнього шару ґрунту у відповідності з планом експерименту здійснюється автоматично за допомогою терморегулятора.

Зміна температури ґрунту по висоті контролюється шістьма термометрами марки ТРМ-10А з термодатчиками ТД1÷ТД6, показання яких відображається на цифрових екранах, рівномірно встановленими по вертикальній осі ґрунтової колонки. Тарування датчиків виконувалась згідно вимог ДСТУ 2858-94.

Для підтримки заданої вологості нижнього шару ґрунту на дно контейнера засипався шар крупнозернистого кварцового піску товщиною 30 мм. Пісок відділявся від ґрунту фільтраційним прошарком. Контроль та підтримка заданої вологості піщаного шару здійснювалась за допомогою крапельного підживлення через голки, які з'єднані за допомогою поліхлорвінілових трубок з ємністю, що заповнена водою. Попередніми експериментами встановлено, що для підтримки постійної вологості необхідно через кожні 12 годин виконувати подачу води в кількості 50 см^3 .

У верхній частині ґрунтової колонки під кутом 15° закладався геосинтетичний шар (з геокмпозиту), який через проріз в передній панелі контейнера виходив в лоток.

Дренажні геокмпозити - високоефективна і економічна альтернатива традиційним дренажним системам із щебеню та інших зернистих матеріалів. В табл. 4 наведено порівняння деяких – видів сучасних геоматеріалів для дренажу. Характеристики різних марок геокмпозиту наведено в табл. 5.

Вода, що дрениувала по геосинтетичному шару, збиралася в лоток та по поліхлорвініловій трубці виходила у мірну ємність, яка розташована в основі стенду.

Проведення експерименту здійснювалося наступним чином. В контейнер експериментальної установки пошарово закладався ґрунт й виконувалося його ущільнення через 50 мм до потрібної щільності за допомогою приладу СоюздорНДІ. У той же час на відповідних глибинах (100мм; 200мм; 300мм; 400мм; 500мм) встановлювались термодатчики. При досягненні висоти ґрунту у 400 мм, закладався геосинтетичний шар під кутом 15° . Після цього, знов засипався й ущільнювався ґрунт до повної засипки контейнера, що переміщувався до холодильної камери, всередині якої вже було дотримано необхідну температуру. За допомогою терморегулятора витримувалась необхідна температура нижньої частини установки. За допомогою термодатчиків проводився постійний контроль температур по всій висоті ґрунтової колонки.

Таблиця 4.

Порівняння сучасних геоматеріалів для дренажу

Назва (виробник)	Зовнішній вигляд	Коротка характеристика
Дренажний композит Enkadrain® (фірма Bonar GmbH @ Co.KG, Німеччина)		Складається із жорсткого ядра заключеного між двома шарами геосинтетичного матеріалу

Дренажний композит «Славрос - дренаж» (Славрос, Росія)		Складається із об'ємної геосітки і прикріпленого з 2-х сторін фільтруючого нетканого матеріалу.
Двохшаровий рулонний матеріал, який ISO-DRAIN 8 Geo (INTERPLAST, Німеччина)		Складається з шиповидної геомембрани HDPE і фільтруючого шару з поліпропіленового термічно скріпленого геотекстилю Турар® SF32, з'єднаних між собою на заводі-виробнику

Таблиця 5

Характеристики полімерного геокомпозиту, дренажного мату що має з однієї сторони нетканый фільтр, а з другої гідроізоляційний шар.

Властивості	Од. вим.	Дані	Властивості	Од. вим.	Дані
Товщина при навантаженні, не менше 2 кПа 20 кПа 200 кПа	мм мм мм	6,5 4,7 4,0	Максимальне зусилля на розтягнення, не менше вздовж волокон поперек волокон	кН/м кН/м	18 16
Коефіцієнт фільтрації поперек композиту при навантаженні, не менше 2 кПа 20 кПа 200 кПа	м/доб. м/доб. м/доб.	50 35 30	Розмір рулону довжина ширина	м м	30 2
Коефіцієнт фільтрації по площині композиту при навантаженні, не менше 2 кПа 20 кПа 200 кПа	м/доб. м/доб. м/доб.	550 500 390	Вага рулону	кг	45

Зміна вологості ґрунту по висоті контролювалася періодичним відбором проб ґрунту через отвори діаметром 15 мм, які розташовані на передній панелі, герметично закриті пробками та наступним висушуванням їх до постійної маси. Вологість відібраних проб ґрунту визначалася згідно ДСТУ Б.В.2.1-17:2009 [16].

Відбір проб ґрунту для визначення поточної вологості та вимірювання кількості дренажної води проводилося через кожні 24 години після початку експерименту.

Результати експерименту із закладанням шару геокомпозиту, середні значення по кожному експерименту та середні квадратичні відхилення S^2 наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Об'єм води відведеної парогідроізоляційним шаром з геокомпозиту

Номер експерименту	Номер дубля	Об'єм відведеної води, см ³	\bar{y}	S^2_y
1	2	3	4	5
1	1	10,5	10,5	0,025

	2	10,7		
	3	10,4		
2	1	11,6	11,8	0,025
	2	11,7		
	3	11,8		
3	1	15,7	15,5	0,04
	2	15,5		
	3	15,3		
4	1	12,4	12,0	0,13
	2	11,9		
	3	11,7		
5	1	13,2	13,1	0,005
	2	13,1		
	3	13,1		
6	1	17,0	17,2	0,045
	2	17,4		
	3	17,1		
7	1	16,2	16,2	0,005
	2	16,2		
	3	16,3		
8	1	17,5	17,9	0,125
	2	17,9		
	3	18,2		
9	1	23,6	23,8	0,04
	2	23,8		
	3	24,0		

У процесі обробки результатів експериментальних даних на першому етапі перевірили однорідність ряду порядкових дисперсій за критерієм Кохрена.

$$G^{расч} < G^{табл}, \quad (1)$$

$$0,296 < 0,478.$$

Умова виконується, тому ряд дисперсій можна вважати однорідним.

Для розрахунку коефіцієнтів регресії цієї моделі приведена розширена матриця планування й результатів експериментів (табл. 7).

Таблиця 7

Розширена матриця планування й результатів експериментів

№ експерименту	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	$x_i^1 = x_i^2 - \lambda_2$	$x_i^2 = x_i^1 - \lambda_2$	y (V)	Примітка
1	+1	+1	+1	+1	0,33	0,33	23,80	Повний факторний експеримент 2^2
2	+1	+1	-1	-1	0,33	0,33	16,20	
3	+1	-1	+1	-1	0,33	0,33	15,50	
4	+1	-1	-1	+1	0,33	0,33	10,50	
5	+1	+1	0	0	0,33	-0,67	17,20	Зіркові точки
6	+1	-1	0	0	0,33	-0,67	12,00	
7	+1	0	+1	0	-0,67	0,33	17,90	
8	+1	0	-1	0	-0,67	0,33	11,80	
9	+1	0	0	0	-0,67	-0,67	13,10	Центр плану

Після цього за результатами всіх дев'яти експериментів розширеної матриці планування, були розраховані коефіцієнти регресії. Дисперсія оцінок коефіцієнтів склала 0,003. Відповідно середньоквадратична похибка дорівнювала $S_{b_i} = 0,0522$.

Для рівня значущості $\alpha = 0,05$ та при числі ступенів свободи $f_1 = 18$ отримали табличне значення t -критерію $t_{0,05;18} = 2,10$ та розрахували довірчий інтервал коефіцієнтів регресії, який дорівнює 0,11.

Порівняння абсолютних значень з їх довірчими інтервалами показало, що статистично значущими є усі коефіцієнти отриманої моделі.

Отже, рівняння регресії має вигляд

$$y = 15,33 + 2,97 \cdot x_1 + 3,35 \cdot x_2 + 0,65 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,37 \cdot x_1^2 + 1,62 \cdot x_2^2, \quad (2)$$

де у відповідності з умовами даного експерименту (табл. 5) кодовані (x_i) та натуральні (X_i) значення факторів зв'язані співвідношеннями

$$x_1 = \frac{X_1 - 12}{4}, \quad x_2 = \frac{X_2 - 13,3}{6,7}.$$

Таким чином у натуральному масштабі рівняння регресії має вигляд

$$Y = 22,35 - 1,63X_1 - 0,75X_2 + 0,024X_1X_2 + 0,086X_1^2 + 0,036X_2^2, \quad (3)$$

Підраховані таким чином значення результуючого об'єму відведеної води наведено у табл. 5. Дані цієї ж таблиці використані для визначення дисперсії неадекватності.

Таблиця 8

Зіставлення експериментальних та розрахованих даних

Номер експерименту	X_1	X_2	$Y (V^{\text{експер}})$	$Y (V^{\text{розрах}})$	$ \Delta y $	Δy^2
1	8	6,6	10,5	12,66	2,16	4,67
2	12	6,6	11,8	13,60	1,80	3,24
3	16	6,6	15,5	17,29	1,79	3,20
4	8	13,3	12,0	13,74	1,74	3,03
5	12	13,3	13,1	15,33	2,23	4,97
6	16	13,3	17,2	19,67	2,47	6,10
7	8	20	16,2	18,06	1,86	3,46
8	12	20	17,9	20,30	2,40	5,76
9	16	20	23,8	25,29	1,49	2,22
Σ						31,65

Перевірку адекватності моделі було проведено за критерієм Фішера.

Гіпотезу про адекватність рівняння приймаємо у тому разі, коли розраховане значення F – критерію не перевищує табличного для обраного рівня значимості, тобто коли: у нашому випадку, при 5%-ому рівні значимості: $3,245 < 3,285$.

Отже гіпотеза про адекватність отриманого рівняння регресії не відкидається.

Графік інтерполюючої залежності результуючого об'єму відведеної води V_d від варійованих факторів впливу (рис. 1) побудовано у програмі КОМПАС-3D V13 за даними табл. 6 колонки $Y (V^{\text{розрах}})$.

Для кращої наочності зображення на графіку напрямки осей були дещо змінені, а також у площинах $0Wz$, $0V_d$ та 0gradT було побудовано пунктирну сітку, об'єм відведеної води з площі геокомпозиту в дослідній установці перераховано до одиниці виміру, що частіше використовується – л/м².

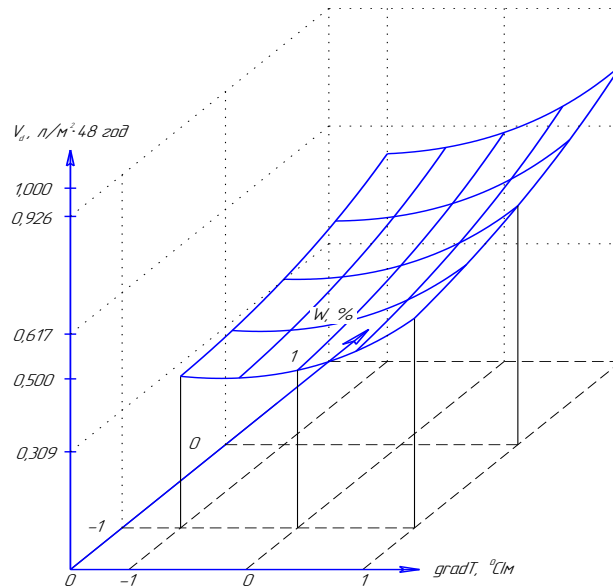


Рис. 1. Графік інтерполюючої залежності результуючого об'єму відведеної води V_d від варійованих факторів впливу

На рис. 2 наведено динаміку зміни температури при різних градієнтах температури. Початкова температура ґрунту складала $+1^\circ\text{C}$, згідно до методики експерименту. Для кожного градієнту наведено температури станом на 6-у та 24-у годину. У процесі проведених експериментів виявлено, що в подальшому зміну температури по висоті ґрунтової колонки не відбувалось.

Задача про зміну температури при різному градієнті температур зводиться до розрахунку середньої інтегральної температури однорідного напівпростору тіла при граничних умовах першого роду.

Аналітичний вираз цієї задачі має такий вигляд:

$$t(z) = t_n + (t_{gp} - t_n) \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^u e^{-u^2} du, \quad (4)$$

t_{gp} – початкова температура ґрунту, $^\circ\text{C}$;
 t_n – температура поверхні, $^\circ\text{C}$;

$$u = \frac{z}{2\sqrt{a \cdot \tau}};$$

z – відстань від поверхні до точки, де визначається температура;
 a – температуропровідність ґрунту, $\text{в}=0,00174$ ккал/год;
 τ - час, протягом якого діє температура t_n .

Результати динаміки зміни вологості у часі при градієнті $13,3^\circ\text{C}/\text{м}$ наведено на рис. 3.

Згідно таблиці Д.7 ВБН В.2.3-218-186-2004 розрахункові значення характеристик ґрунтів для суглинку легкого пилуватого, що характеризується числом пластичності, J_p від 7 до 12 апроксимуються степеневою залежністю від зміни відносної вологості, яка має вид для:

- модуля пружності, МПа $E_{gp} = 18,286 \cdot (W/W_L)^{-2,756}$;
- кута внутрішнього тертя, град $\phi = 11,054 \cdot (W/W_L)^{-1,452}$;
- питомого зчеплення ґрунту, МПа $C = 0,0041 \cdot (W/W_L)^{-3,437}$.

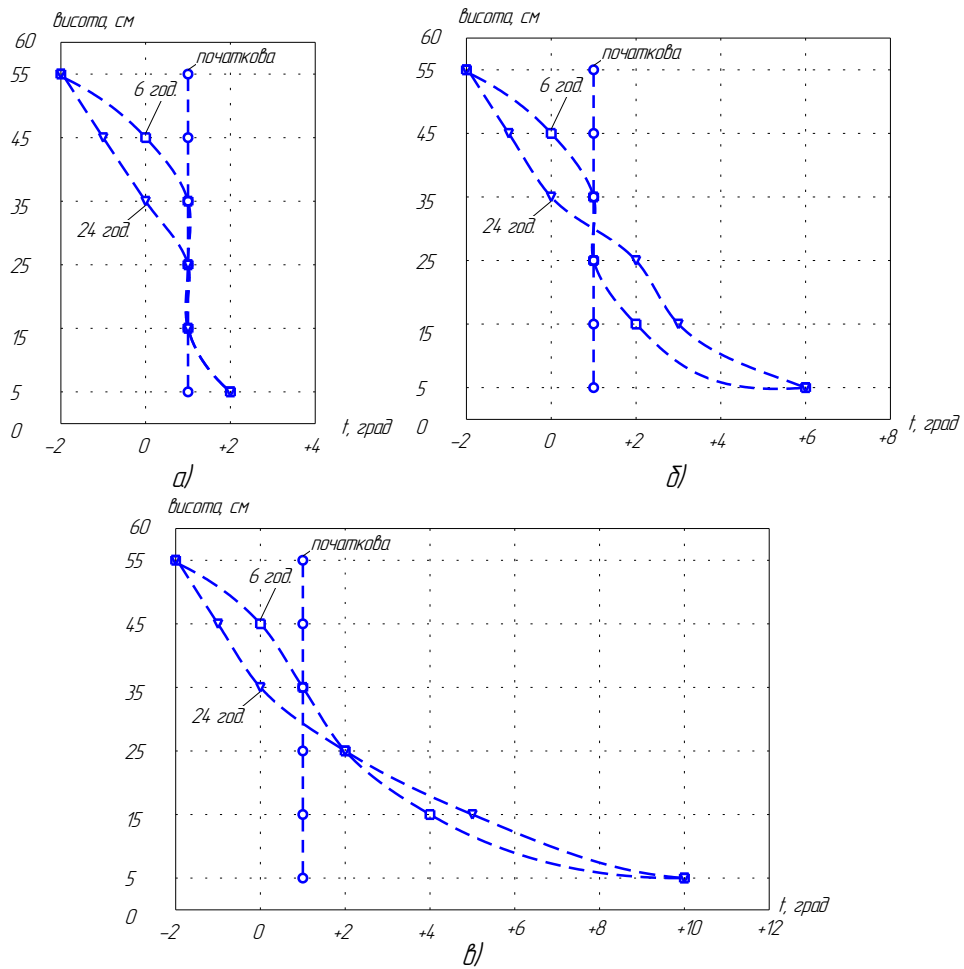


Рис. 2. Динаміка зміни температури при різному градієнті температур

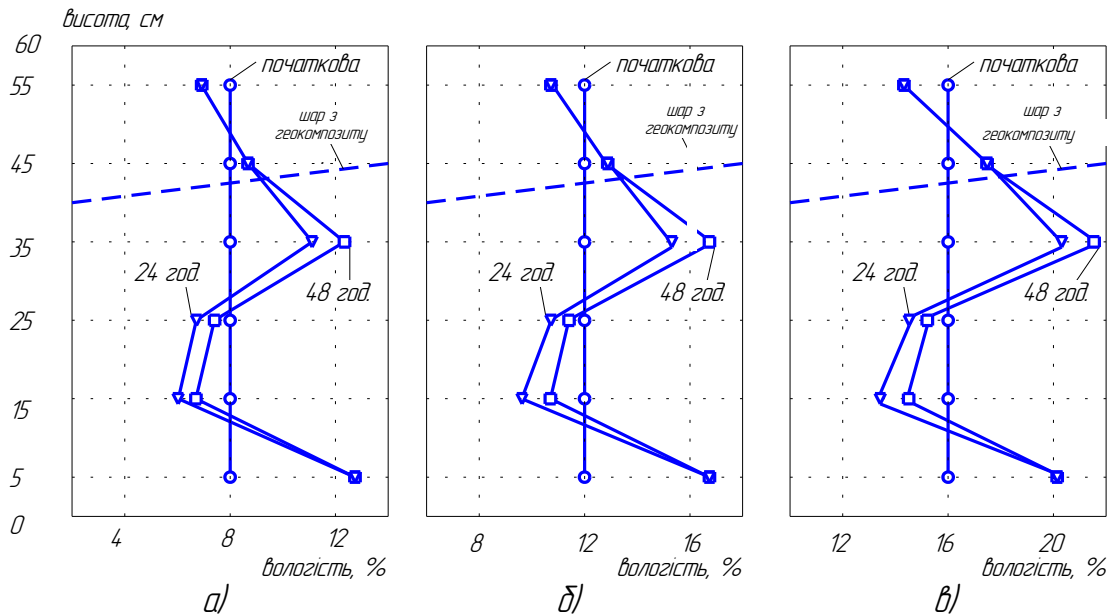


Рис. 3. Динаміка зміни вологості при постійному градієнті температур

Отримані результати показують, що епюри зміни вологості по висоті ґрунтової колонки для різних початкових умов вельми схожі. На першому рівні відбору проб спостерігалось збільшення вологості за рахунок порційного підживлення водою підстилаючого шару піску.

На другому та третьому рівні відбувалося незначне пониження вологості. На четвертому рівні, за рахунок тепловологопереносу та капілярного підняття, відбулося значне збільшення вологості. Таким чином експериментально доведено, що геокомпозитний шар, який було розміщено між четвертим та п'ятим рівнем, сприяв припиненню подальшої міграції вологи та дренажуванню її з ґрунтової колонки.

Максимальні значення поточної вологості спостерігаються приблизно на висоті 350 мм ґрунтової колонки або на 1/3 глибини активної зони дорожньої конструкції. Експериментальні значення поточної вологості значно нижчі, порівняно з розрахованими аналітичним шляхом, особливо в активній зоні земляного полотна.

На рис. 4 наведено зміну розрахункових характеристик ґрунту по висоті з врахуванням зміни відносної вологості.

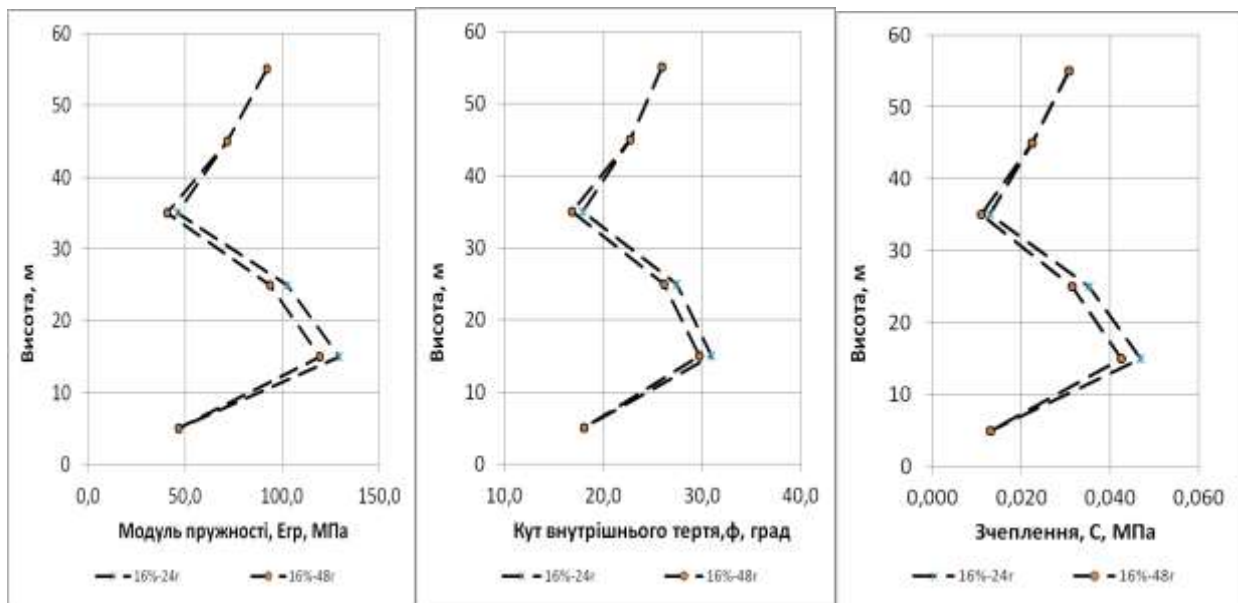


Рис. 4. Зміна розрахункових характеристик ґрунту по висоті

Аналіз рис. 4 показує, що при застосуванні геосинтетичного дренаючого композиту за рахунок зменшення відносної вологості на 0,16 - 0,19 розрахункові характеристики ґрунту значно зростають. Так модуль пружності через 24 та 48 год. максимально зростає в 2,0 та 2,3 рази, кут внутрішнього тертя, в 1,45 та 1,54 раз, питоме зчеплення в 2,4 - 2,8 раз. Все це позитивно повинно вплинути на несучу здатність, довговічність та надійність конструкцій дорожнього одягу.

Висновки: На підставі виконаних експериментальних досліджень отримані наступні результати:

- отримано рівняння регресії залежності результуючого об'єму відведеної води V_d , від вологості ґрунту W та градієнту температури $gradT$;
- у результаті дослідної перевірки, встановлений факт відведення води по площі паро гідроізоляційного шару з геокомпозиту, при збереженні постійного значення початкової вологості у верхній частині ґрунтової колонки;
- об'єм відведеної шаром геокомпозиту води залежить від початкової вологості ґрунту та градієнту температури.

Подальші дослідження будуть пов'язані з встановленням закономірності надходження води в дренаючі шари з нижньої частини активної зони дорожньої конструкції під впливом постійного навантаження та вдосконаленням конструкції паро гідроізоляційного шару.

1. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / [Золотарь И. А., Пузаков Н. А., Сиденко В. М. и др.] ; под. ред. И. А. Золотаря. – М. : Изд-во «Транспорт», 1971. – 416 с.
2. Пузаков Н. А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог/ Пузаков Н. А. – М. : Автотрансиздат, 1960. – 190 с.
3. Корсунский М. Б. Прогнозирование расчетной влажности грунтов земляного полотна/ М. Б. Корсунский, П.Д. Россовский // Труды Союздорнии. – 1975 – Вып. 76. – С. 5-29
4. Рувинский В. И. Оптимальные конструкции земляного полотна / В. И. Рувинский. – М. : Транспорт, 1962. – 166 с.
5. Ярмолинский А. И. Исследование водно-теплого режима автомобильных дорог в условиях муссонного климата : автореф. дис. докт. техн. наук : спец 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» / А. И. Ярмолинский. – Москва, 1995. – 18 с.
6. Толстенов С. В. Развитие методов прогнозирования и регулирования водно-теплого режима земляного полотна эксплуатируемых автомобильных дорог (на примере Алтайского края) : автореф. дис. канд. техн. наук : спец 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» / С. В. Толстенов. – Омск, 2002. – 17 с.
7. Пат. 2184328 Российская Федерация, МПК F 28 D 15/02. Способ работы термосифона / В. В. Евстигнеев (RU). - № 2000120101/06-03 ; заявл. 27.07.2000 ; опубл. 27.06.2002
8. Гнездилова С. А. Учет изменения состояния грунтов при проектировании дорожных одежд : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» / С. А. Гнездилова. – Москва, 2010. – 22 с.
9. Королев В. А. Термодинамика грунтов / Королев В. А. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 168 с.
10. Пулинец Е. В. Исследование особенностей водно-теплого режима автомобильных дорог Сахалинской области с разработкой рекомендаций по его регулированию нефтегрунтовыми слоями : автореф. дис. докт. техн. наук : спец 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» / Е. В. Пулинец. – Москва, 2002. – 11 с.
11. Боровиков В. В. Повышение эффективности осушения дорожных одежд и верхней части земляного полотна : автореф. дис. канд. техн. наук : спец 05.22.03 «Изыскание и проектирование железных дорог и автомобильных дорог» / В. В. Боровиков. – Москва, 1984. – 21 с.
12. Попов А. Н. Моделирование динамики водного режима дренирующего слоя аэродромной одежды : автореф. дис. канд. техн. наук : спец 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» / А. Н. Попов. – Москва, 2002. – 18 с.
13. Носов В.П., Носов В.В. Математичне моделювання теплового-водно-теплого режиму автомобільних доріг з використанням методу динамічної адаптації. Транспорт: наука, техн, упр, Збірник оглядової інформації, М.: ВИНТИ, №3, 1977. - С. 18 - 31.
14. Кульчицкий В.А. Макагонов В.А., Васильев Н. Б., Чеков А.Н., Романков Н.И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. - М.: Физико- математическая литература, 2002. - 528 с.
15. ДСТУ Б В.2.1-8:2001. Грунти. Відбирання, упакування, транспортування й зберігання зразків.– К. : Мінрегіонбуд України, 2002. – 35 с.
16. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Грунти. Методи лабораторного вивчення фізичних властивостей .– К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 32 с.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2014

УДК 656.13

М.О.Гандзюк

Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОПЛАТИ ПРОЇЗДУ ТА ОБЛІКУ ПАСАЖИРІВ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Проведено дослідження маршрутної транспортної мережі міста Луцька, розглянуто питання розробки концепції впровадження автоматизованої системи оплати проїзду та обліку пасажирів міського пасажирського транспорту.

Ключові слова: *пасажи́рський транспорт, інтелектуальна система, електронний квиток, електронний компостер, валідатор, оплата проїзду, тариф, послуга, проїзний документ, пільгова категорія, безготівковий розрахунок, смарт-картка.*

Рис 2. Літ 22.

Н.А.Гандзюк

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА И УЧЕТА ПАССАЖИРОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Проведено исследование маршрутной транспортной сети города Луцка, рассмотрено вопросы разработки концепции внедрения автоматизированной системы оплаты проезда и учета пассажиров городского пассажирского транспорта.

Ключевые слова: *пассажи́рский транспорт, интеллектуальная система, электронный билет, электронный компостер, валідатор, оплата проезда, тариф, услуга, проездной документ, льготная категория, безналичный расчет, смарт-карта.*

M.Gandziuk

ELABORATION AND APPLICATION OF INTELLECTUAL SYSTEMS OF FARE AND CALCULATION OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

Conducted study of route transport net of town Lutsk, examined the problem of elaboration of concept of application of automated system of fare and calculation of passenger of urban passenger transport.

Key words: *passenger transport, intellectual system, electron ticket, electron punch, validator, fare, rate, service, passable document, privileged category, clearing, smart card.*

Постановка проблеми. Відповідно до Концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільного транспорту на період до 2015 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 03 серпня 2011 № 732-р [1], Міністерством інфраструктури було розроблено та подано Кабінетові Міністрів України проект Державної цільової економічної програми розвитку автомобільного транспорту, яка була затверджена постановою Кабінету Міністрів України у 2012 році. Зокрема в пунктах 4.2 та 4.3 цієї програми передбачено запровадження системи диспетчеризації та моніторингу з використанням супутникової системи навігації руху на маршрутах громадського транспорту, розробку та впровадження систем здійснення безготівкових розрахунків за перевезення пасажирів на маршрутах міського автобусного сполучення та управління пасажирськими перевезеннями із застосуванням інтелектуальних транспортних систем.

В роботі підприємств міського пасажирського транспорту м. Луцька на даний момент не врегульовані питання, які стосуються можливості безготівкового розрахунку громадян за проїзд у громадському транспорті, зокрема, за допомогою застосування сучасних інтелектуальних систем, які дозволяють здійснити безготівковий розрахунок за проїзд. Розробка та впровадження таких систем наразі є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В тій чи іншій мірі вирішенню даної проблеми приділена увага в роботах провідних українських та зарубіжних науковців. Опрацювання положень державних законодавчих актів [1-6] та останніх досліджень і публікацій в сфері міської логістики [11-14], розвитку міських пасажирських перевезень [9-10], [15], [17], [21], перспектив розвитку пасажирського транспорту та автоматизованих систем контролю проїзду на міському громадському транспорті [7-8], [18-20] дозволяють наголосити на актуальності даної проблеми та необхідності її негайного вирішення.

Мета дослідження. Розробити концепцію впровадження автоматизованої системи оплати проїзду та обліку пасажирів міського пасажирського транспорту м. Луцька (АСОП та ОП).

Матеріали і результати дослідження. Для задоволення потреб населення м. Луцька у пасажирських перевезеннях сформована розгалужена транспортна мережа на основі 13 маршрутів

©М.О.Гандзюк

тролейбусів (62,3 % перевезень) та 14 маршрутів автобусів (25,9 % перевезень), а також велика кількість маршрутних таксі (11,8 % перевезень) [22]. Річний об'єм перевезень складає громадським транспортом 105,91 млн. пас. (88,2 %).

Територію міста пересікають траси автомобільних доріг та одноколійна частково електрифікована залізнична лінія. Загальна довжина всіх вулиць міста становить 259,7 км. Головними магістральними вулицями міста є пр. Волі, пр. Перемоги, вул. Винниченка, вул. Гордінок, вул. Глушець, вул. Карпенка-Карого, пр. Соборності, вул. Набережна, вул. Боженка, вул. Єршова, вул. Конякіна, вул. Львівська, вул. Ковельська, вул. Володимирська, вул. Дубнівська, вул. Ківерцівська. Ці вулиці складають основу транспортної структури міста. На сьогодні довжина магістральних вулиць становить 138 км, щільність 1.9 км/кв. км. На території міста існує 3 шляхопроводи та 18 мостів через річки.

Основними проблемами у роботі громадського транспорту є відсутність фінансової можливості оновлення рухомого складу міського електро- та автомобільного транспорту, чіткої концепції розвитку галузі міських автомобільних пасажирських перевезень та подальшої розробки на її основі програми розвитку транспортної галузі міста.

За даними Європейського банку реконструкції та розвитку, у містах Західної Європи, таких як Лондон, Берлін, Барселона, втрати при зборі виручки у міському транспорті складають 2-3%, Східної Європи – у Празі, Варшаві, Братиславі – 3-7%. При цьому у містах України ці втрати складають 25-40% через використання паперових квитків, людський фактор та відсутність автоматичного обліку пільговиків.

На державному рівні Кабінет міністрів України пропонує парламенту створити всі необхідні умови для того, щоб впровадити оплату проїзду в громадському транспорті в безготівковій формі. Про це йдеться в законопроекті № 3806 "Про внесення змін до законів України щодо електронних способів безготівкового розрахунку в громадському транспорті".

У пояснювальній записці до даного законопроекту йдеться, що згідно з чинними нормативними актами не були врегульовані питання, які стосуються можливості безготівкового розрахунку громадян за проїзд у громадському транспорті, зокрема, за допомогою застосування сучасних електронних приладів, які дозволяють здійснити безготівковий розрахунок за проїзд.

З цієї причини, даним законопроектом пропонується ввести термін - автоматична система безготівкової оплати проїзду або АСОП, а також спеціальні електронні проїзні документи. Крім того, законопроект пропонує встановити загальні вимоги до систем АСОП, а також до електронних проїзних документів, які будуть затверджуватися Кабінетом міністрів України.

Для виготовлення карт для пільгових пасажирів уряд планує залучати банківські установи, які надаватимуть ці карти безкоштовно. "Банки будуть зацікавлені в тому, щоб залучити додаткових клієнтів, які зможуть скористатися їх послугами", - зазначили в уряді.

Разом з тим, даним законопроектом передбачається, що застосування всіх норм щодо безготівкових форм оплати проїзду у громадському транспорті здійснюватиметься органами місцевого самоврядування в тому випадку, якщо буде прийнято позитивне рішення про введення АСОП в міському транспорті.

Якщо вірити прогнозам українського уряду, то прийняття цього законопроекту в Україні дозволить створити всі необхідні умови для того, щоб успішно впровадити безготівкові форми оплати вартості проїзду в громадському транспорті та встановити загальний порядок обліку наданих послуг громадянам пільгових категорій міським транспортом.

При розробці концепції автоматичної системи безготівкової оплати проїзду необхідно розробити загальні принципи побудови та передбачити різноманітні аспекти, які можуть виникнути при її створенні та впровадженні.

- Загальні принципи побудови системи

Система, що пропонується, повинна виконувати облік як пільгових категорій пасажирів, так і звичайних пасажирів, що не мають прав на пільговий проїзд автотранспортом.

Систему необхідно будувати за принципом «передплаченого» надання послуг, тобто пасажир повинен виконати оплату проїзду до посадки у автобус.

В якості основного інструменту обліку права на проїзд автотранспортом потрібно застосувати безконтактну пластикову смарт-картку захищену криптографічними засобами. Ця картка повинна бути основним (або єдиним) засобом оплати проїзду у транспорті. Картка повинна застосовуватися як пільговими так і звичайними категоріями пасажирів. В обох випадках у пам'яті чипа картки повинна

зберігатися інформація про обсяг передплачених (безкоштовно наданих пільговику) «умовних проїзних одиниць», що можуть бути використані для оплати проїзду.

Кожний пасажир повинен мати власну картку оплати проїзду, тобто оплата однією картою вартості проїзду декількох пасажирів на протязі одного рейсу не можлива.

Вартість проїзду необхідно зробити залежною від відстані між зупинками.

Враховуючи, що пасажир може мати ручну поклажу, усі маніпуляції картою (тобто «реєстрація сплати проїзду» та «повернення надлишкової вартості») повинні виконуватися пасажиром у найбільш зручний для нього момент, тобто коли він зайняв своє місце у автобусі та поставив ручну поклажу, або безпосередньо коло будь-якої з дверей автобуса.

Впровадження системи пропонується виконати у два етапи:

- на першому етапі впровадити облік лише пільгових категорій населення;
- на другому етапі впровадити облік всіх категорій пасажирів.

- Типи проїзних документів

У якості основного не персоніфікованого засобу обліку платежів на міському та приміському автотранспорті варто застосувати багаторазову безконтактну пластикову картку, побудовану за технологією MIFARE DESFire EV1 (рівень захисту чипа CCEAL4+, що відповідає рівню вимог до банківських систем). Ця технологія дозволить побудувати гнучку та надійно захищену систему диференційованих платежів з оптимальним показником співвідношення захищеності до вартості носія. Картка, розроблена відповідно до зазначеної технології, практично не обмежена у тривалості застосування, і дозволяє виконувати практично необмежену кількість поповнень (строк дії картки може досягати 5 та більше років та у значній мірі буде визначатися фізичним зносом пластика).

Для пільгових категорій населення, а також громадян України, що отримують картку електронного пенсійного посвідчення, в якості проїзного документа може застосовуватися пенсійне посвідчення або посвідчення соціального страхування (для пільговиків - обов'язково), яке повинно бути побудовано на базі безконтактної або дуальної смарт-картки. В цьому випадку на чипі смарт-картки виконується емуляція логічних протоколів DESFire EV1 і технологія обробки практично ідентична зазначеному вище варіанту (для не пільгових категорій поповнення виконується звичайним шляхом). Посвідчення даної категорії повинні мати як електронну, так і графічну персоніфікацію (П.І.Б., фото, зразок підпису).

Для не регулярних пасажирів (не пільгових категорій) варто використовувати паперові безконтактні проїзні документи, розроблені за технологією MIFARE Ultralight C, без можливості поповнення. Обрана технологія дозволяє досягти мінімальної собівартості проїзного документа при збереженні високого рівня криптографічного захисту. Такі документи дозволять реалізувати ефективний облік обмеженої кількості поїздок, причому вартість квитка може визначатися під час продажу у касі або кіоску самообслуговування.

- «Електронні компостери» («валідатори»)

Для реєстрації факту сплати проїзду пропонується застосувати «електронний компостер» («валідатор») пристрій, що виконує всі операції з картою передплати послуг, такі як: зняття вартості квитка (при посадці у автобус) і повернення невикористаної (надлишкової) вартості квитка (при виході з автобусу). «Електронний компостер» має дві зони для піднесення картки: одна - для виконання сплати проїзду, інша - для повернення не використаного залишку вартості квитка. Ці зони відрізняються маркуванням, яке відображає призначення відповідної зони. Крім того, пристрій має рідкокристалічний індикатор на якому відображається результат виконання операції та залишок передплати на картці. Таким чином, пристрій не має механічних або сенсорних засобів керування - тип операції визначається виключно зоною, до якої піднесено безконтактну картку.

Пристрій має внутрішню захищену пам'ять, у якій накопичується сума усіх прийнятих оплат та виконаних «повернень» за останній звітний період. Ці данні у захищеному вигляді, за командою синхронізації, передаються до зовнішнього контролеру.

В залежності від моделі, «електронний компостер» може мати, замість рідкокристалічного індикатора, по два світлові індикатори для кожної операційної зони: червоний (ліворуч) - сповіщає про неможливість виконання операції, зелений (праворуч) - сповіщає вдале виконання операції. Невдала спроба оплати може супроводжуватися звуковим сигналом.

Враховуючи, що «електронний компостер» повинен мати «вандалостійке» виконання, реалізація обох функцій «оплати» та «повернення» в одному пристрої дозволить знизити сумарну собівартість обладнання та витрати на його монтаж і підключення до єдиної мережі автобуса.

- Реєстрація факту сплати послуг

Для реєстрації факту оплати послуг кожний пасажир повинен виконати піднесення своєї безконтактної картки до «зони сплати» «електронного компостера», що призведе до відповідного дебетування лічильника «умовних проїзних одиниць», відповідно до вартості проїзду від поточної зупинки до останньої зупинки, та запису на картку «електронного квитка».

Повторне піднесення картки до зони оплати «електронного компостера» (після вдалої оплати) не буде призводити до повторного зняття умовних одиниць з картки, але «компостер» буде відображати на індикаторі наявність придбаного електронного білета. Тобто пасажир завжди має можливість перевірити факт оплати без загрози повторної оплати. На початку нового рейсу, система керування «електронними компостерами» виконує їх ініціалізацію на новий рейс і будь-яка картка, що застосовувалась для сплати у попередньому рейсі, може бути дебетована відповідним чином (повторно застосована для сплати за проїзд).

У кожному автобусі необхідно розмістити по одному «електронному компостеру» коло кожної двері, та, за бажанням перевізника, можливо ще 2-4 в салоні (для великих автобусів).

Кожен «електронний компостер» може підтримувати режим «контролер», в якому «компостер» припиняє реєстрацію карток для сплати проїзду. Цей режим дозволяє виконувати контроль сплати проїзду безпосередньо на маршруті - коли контролер входить до салону, водій вмикає цей режим.

Для категорій пасажирів, що мають право часткової компенсації вартості проїзду (наприклад, школярі та студенти) на картці ведеться два «лічильника»: один для «реальних грошей» інший для «пільгових одиниць». Сплата проїзду такою карткою буде вдалою лише за умови, якщо на обох лічильниках достатньо відповідних «одиниць» для сплати повної вартості проїзду. Якщо «пільгових» одиниць не достатньо, а «грошових» достатньо для повної сплати проїзду, то нестачу пільгових одиниць буде компенсовано «грошовими» та сплата буде вдалою.

- Повернення вартості не отриманих послуг

Якщо пасажиру потрібно вийти не на останній (кінцевій) зупинці маршруту автобуса, він повинен мати можливість «повернути» вартість проїзду від зупинки, де йому треба вийти, до кінцевої зупинки (при реєстрації картки у автобусі з його рахунку було знято вартість проїзду до останньої зупинки). Для цього пасажир повинен піднести свою картку до «зони повернення» електронного компостера, при цьому виконується: запис ідентифікатора найближчої наступної (якщо автобус рухається) або поточної зупинки та «погашення» останнього «електронного квитка», а також повернення вартості проїзду (в «умовних транспортних одиницях») від зазначеної зупинки призначення пасажир до кінцевої зупинки маршруту автобуса.

- Передплата послуг (поповнення картки)

Поповнення не пільгової проїзної картки можливо у касах автостанцій або у терміналах самообслуговування, які повинні підтримувати банківські платіжні картки або прийом готівки. Перевірка поточного стану передплати на картці можлива у терміналах самообслуговування або у касі.

Для не пільгових категорій населення варто передбачити одно та дворазовий проїзні квитки, що також базуються на безконтактній технології, але мають паперову основу.

Для пільгових категорій населення, що мають повністю безкоштовний проїзд, «місячне поповнення» проїзного документу (картки) може виконуватись безпосередньо у автобусі, при першому застосуванні картки у новому місяці / кварталі (або іншому визначеному перевізником обліковому терміні). Така технологія дозволить знизити розміри черг до кас та терміналів самообслуговування.

Для категорій населення, що мають право на часткову компенсацію вартості проїзду (наприклад, школярі та студенти) варто застосувати принцип, що поєднує два вище зазначені - грошове поповнення картки виконується в касах та терміналах самообслуговування, а «пільгові одиниці» нараховуються на компостері при першому застосуванні в рамках звітнього періоду.

- Електронний квиток

Електронний квиток, що формується «електронним компостером» та записується на картку повинен включати наступну інформацію:

- номер автобуса;
- номер маршруту та напрямок руху;
- номер зупинки, де виконано посадку (оплату);

- позначка часу факту оплати;
- дебетована вартість поїздки.

«Електронний квиток» повинен створюватись під час першого піднесення картки до «зони сплати» електронного компостера та зберігатись до формування нового «електронного квитка».

При піднесення картки до «зони повернення» електронного компостера повинно виконуватись погашення «електронного квитка» та на картку записуватись ідентифікатор відповідної зупинки.

Обрана технологія побудови системи та технологія «електронного квитка» дозволять виконати обробку карток за всіма операціями повністю у *offline* режимі, що значно скоротить вимоги до обладнання та витрати на канали зв'язку.

- «Тарифна» боротьба із зловживанням пасажирів

Обраний принцип розташування основного обладнання для прийому оплати та повернення надлишкової вартості безпосередньо у автобусі, дозволить частково вирішити проблеми вандалізму, порівняно із розташуванням обладнання на зупинках. А також це дозволить зменшити вимоги до умов експлуатації обладнання (не потрібно забезпечувати захист від вологи та розширений температурний діапазон експлуатації). Але, з іншого боку, розташування пристрою повернення надлишкової вартості безпосередньо в автобусі дозволяє пасажирові виконати повернення остатку вартості поїздки вже на наступній зупинці, але продовжити поїздку. Для вирішення цієї проблеми від кожного «електронного компостера» повинна передаватися та відображатись інформація про кількість виконаних оплат та повернень за останні дві зупинки. Для підвищення зручності контролю оплат, ця система може інтегруватися з іншими системами автоматичного обліку пасажиропотоку.

Крім того, сприяти вирішенню зазначеної проблеми на приміських перевезеннях можливо, застосувавши наступну систему тарифів, яка враховує такі факти:

- абсолютна більшість поїздок пасажирів у приміському автотранспорті виконується між двома станціями (наприклад, «селище - місто» або «місто - дача»);
- у 95% випадків, якщо пасажир приїхав з пункту А до пункту В автотранспортом, то і повертатись він буде тим же транспортом;
- у більшості випадків одним із зазначених пунктів є станція у місті обласного або районного масштабу, де може бути обладнано контроль квитків при виході зі станції;
- контролери працюють на маршрутах регулярно та графік їх перевірок пасажиром не відомий.

Виходячи із зазначеного вище необхідно зробити вартість проїзду між «ною» парою зупинок в 1,5-1,8 разів вище, ніж вартість проїзду між тими ж самими станціями, що були у попередньому квитку, але у зворотному напрямку. Тобто, якщо людина постійно їздить між двома зупинками та оплачує проїзд в обох напрямках, то вартість квитка залишається на існуючому рівні, а у випадку не сплати (або не повної сплати) за поточну поїздку між цими двома пунктами, вона буде повинна заплатити більше за наступну поїздку.

Реалізація запропонованої технології можлива завдяки застосуванню «електронного квитка» та обраного типу чипів проїзної картки.

- Ревізійний контроль оплати проїзду

Ревізійний контроль оплати проїзду необхідно виконувати шляхом контролю «електронних білетів» на проїзних документах (картках) пасажирів. Для цього можна застосовувати ручні пристрої контролю («валідатори»), які дозволяють переглянути усі параметри (останнього) «електронного білету», збереженого на картці.

Враховуючи збереження «електронного квитка» навіть після його «погашення» на пристрої «компенсації надлишкової вартості», можливість контролю оплати останньої поїздки зберігається після виходу пасажирів з автобусу, тобто також може виконуватись на зупинці.

- Продаж проїзних документів у автобусі

Система повинна мати можливість залучення «кондукторів», які могли б продавати лише паперові проїзні картки на фіксовану кількість поїздок або фіксовану відстань (вартість по цих «квитках» повинна бути менш привабливою ніж застосування багаторазової картки передплати).

Проїзний документ придбаний у автобусі, повинен мати можливість стандартної реєстрації на «електронному компостері». Не реєстрація придбаного квитка буде підставою для стягнення штрафу.

- Синхронізація елементів системи

Обрана конфігурація системи та застосування «електронного квитка» дозволяє звести до мінімуму необхідність в синхронізації елементів системи. Так «електронні компостери» та «валідатори» вимагають лише початкової (до початку роботи) ініціалізації точною позначкою часу та параметрами автобусу та маршруту. Далі всі пристрої можуть працювати фактично в автономному режимі. В кінці робочої зміни «електронні компостери» передають консолідовані данні про отриманий обсяг оплати та виконані «повернення надлишкової вартості» по кожній з категорій пасажирів через мережу автобусу до Центру розрахунків перевезень, де обчислюються остаточні показники отриманої оплати по кожній категорії пасажирів.

Для з'єднання усіх «електронних компостерів» автобусу у єдину мережу застосовуються «контролер», який виконує керування та збір інформації із «компостерів». «Контролер» включає GSM або інший модуль мобільного зв'язку та GPS-модуль для визначення точних координат автобусу та точного часу. «Контролер» автобуса забезпечує прийом команд з Центру керування та відправку накопичених у автобусі даних.

Весь інформаційний обмін між елементами системи (як по дротовим, так і по бездротовим каналам зв'язку) виконується у криптографічно захищеному вигляді.

- Функції Центру розрахунків та керування системою

Центр розрахунків повинен здійснювати отримання статистичних даних за минулий робочий день по: виконаних «поповненнях» багаторазових карток у касах та терміналах самообслуговування, отриманих електронних оплатах (з урахуванням «повернення надлишкової вартості»). На основі отриманих даних повинно виконуватись обчислення консолідованих даних по загальній сумі отриманих від пасажирів передплат проїзду, використаному пасажиром обсягу послуг та накопиченій заборгованості різних місцевих бюджетів за перевезення пільгових категорій населення.

Налагодження та керування системою повинно виконуватись з Центру керування системою, який може бути суміщений із Центром розрахунків.

З 15.03.2013р. вперше в Україні, в місті Луцьку всі 262 автобуси громадського транспорту, включаючи резервні, обладнані системою "МАК".

Мультимедійний автоматизований комплекс (МАК) призначений для забезпечення моніторингу та керування громадським транспортом, оплати проїзду та виконання контролю всіх необхідних систем транспортного засобу.

Система МАК побудована за модульним принципом і допускає різні конфігурації, залежно від потреб клієнта.

МАК – це програмно-апаратний комплекс, що складається з бортових пристроїв, які встановлені на громадському транспорті та програмної платформи МАК, на якій побудовані всі рішення по наданню послуг супутниковим GPS моніторингом та керуванню в реальному часі.

Платформа МАК складається з таких модулів:

- Модуль «Графік руху»;
- «Розрахунок та моделювання розкладу руху»;
- «Модуль "Наряди"»;
- Модуль «Оплата проїзду»;
- «Мультимедійний модуль»;
- Модуль «Сценаріїв зупинок та реклами»;
- Модуль «Звіти, графіки та діаграми»;
- «Контроль палива»;
- «Підрахунок пасажирів»;
- «Безпека проїзду»;
- «Відео нагляд»;
- Модуль «Голос».

Модулі можуть впроваджуватися цілком незалежно і в будь-якій конфігурації.

Більшість цих модулів вже функціонує.

З метою впровадження автоматичної системи безготівкової оплати проїзду розроблено модуль «**Оплата проїзду**», впровадження якого в транспортний процес – питання часу.

Загальний опис та задачі модуля

Забезпечує оплату проїзду в громадському транспорті за допомогою електронного квитка та електронної соціальної картки.

Існують наступні варіанти обладнання транспортного засобу:

- кондукторський варіант - не потребує спеціального обладнання транспортного засобу використовується портативний платіжний термінал кондуктора;
- термінал водія.

Мінімальне обладнання транспортного засобу (без кондуктора і турнікетів), що знижує затрати на впровадження:

- турнікетний - використання турнікетів на дверях;
- платіжні термінали на входних дверях.

Для виключення «людського фактору», щомісячних затрат на зарплату кондукторів і відсутності турнікетів найбільш ефективним вибрано варіант «Платіжні термінали на входних дверях», який і буде розглядатися нижче.

Задачі, які вирішує модуль:

- оплата всіх видів транспортних послуг:
 - проїзду;
 - парковки;
 - білетів;
 - стоянки.
- забезпечення фінансової прозорості роботи транспортного засобу;
- облік проїзду пільгових та інших категорій пасажирів;
- моніторинг пасажиропотоку;
- збільшення доходу від роботи транспортного засобу;
- забезпечення фінансових розрахунків між бюджетами міст і областей;
- забезпечення взаєморозрахунків між транспортними підприємствами.

Для роботи модуля створюється компанія – Оператор системи, який створює центр обробки даних (ЦОД). Разом із Оператором створюється Карт-центр який відповідає за:

- випуск карток;
- продаж карток;
- збір виручки;
- взаєморозрахунки з перевізниками (Рис. 1).

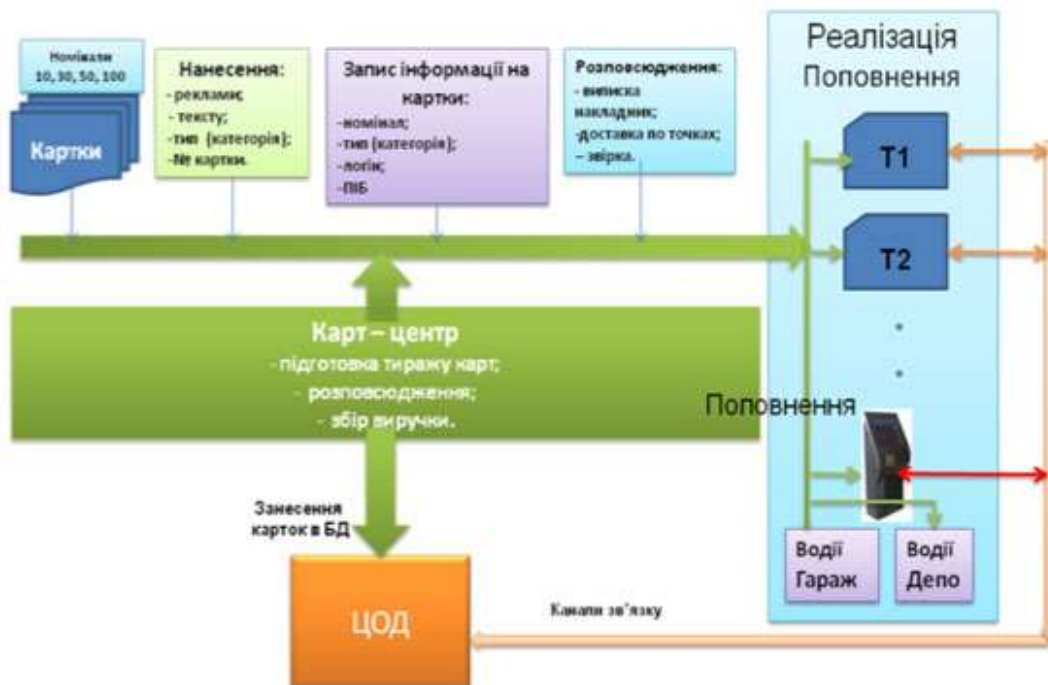


Рис. 1. Виготовлення та реалізація карток

Короткий опис архітектури модуля «Оплата проїзду»

Громадський транспорт оснащується транспортними терміналами (валідаторами), по одному на дверях, які реєструють поїздки по соціальних та транспортних картках. В валідаторах монтується

компостер (датур) паперових білетів, для не регулярних пасажирів. На білетах друкується дата, час та № борта. В автотранспортних підприємствах (АТП) встановлюються точки Wi-Fi з роумінгом і під'єднанням до захищеного сервера бази даних. При заїзді в парк ТЗ вивантажує інформацію про здійснені транзакції на сервер бази даних.

На АТП, на основі отриманих даних, формуються звітно-аналітичні форми про транспортну діяльність підприємства і по каналах зв'язку в реальному часі передаються для обробки в ЦОД.

Для підтримки модуля «Оплата проїзду» Оператор створює службу по обслуговуванню і підтримці прикладного та системного програмного забезпечення.

Функції модуля «Оплата проїзду»

Програмне забезпечення модуля «Оплата проїзду» забезпечує обмін даними між локальними базами даних серверів їх оперативну обробку отримання звітно-аналітичних форм для аналізу діяльності транспортних підприємств. Програмне забезпечення реалізоване у вигляді окремих модулів, що мають доступ до спільної бази даних.

Функції модуля «Оплата проїзду»:

- ведення бази даних фінансових операцій;
- ведення бази даних по картках;
- контроль обігу карток;
- формування звітності;
- реєстрація та підготовка конфігураційних файлів для терміналів;
- підтримка і ведення стоп-листів;
- взаємодія з іншими базами даних та ЦОД (Центри обробки даних - пенсійний фонд, соцстрах) (Рис. 2).

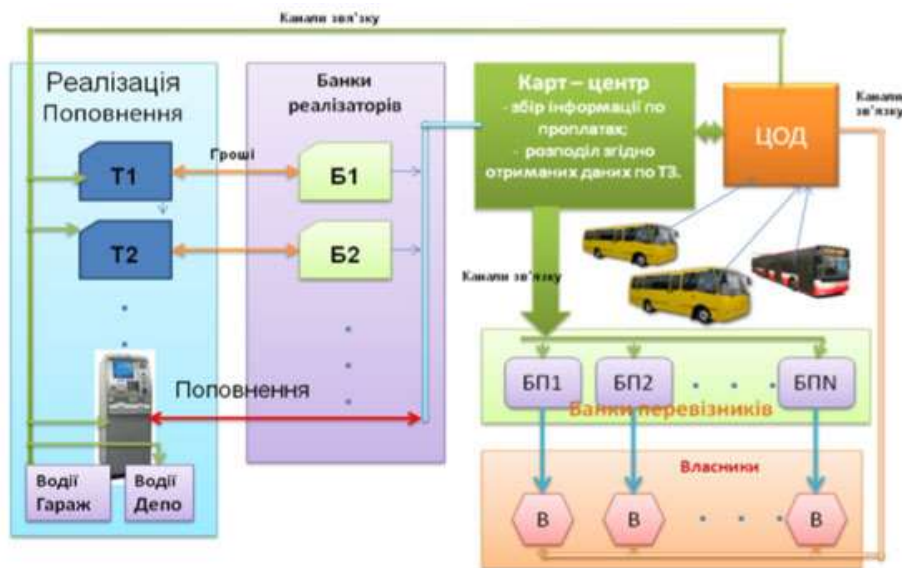


Рис. 2. Обіг фінансів модуля «Оплата проїзду»

Опис карток

Типи карток за групами користувачів:

- транспортна картка;
- студентська;
- шкільна;
- соціальна.

Типи карток за принципом роботи:

- Mifare (всі види);
- смарт - карти UkrCOS3.1;
- мобільний телефон з інтерфейсом NFC.

Види карток за призначенням:

- електронна соціальна картка;
- багаторазово поповнювана картка;

- на період часу;
- на фіксовану кількість поїздок;
- одноразові.

Розповсюдження та поповнення карток:

- каси продажу білетів;
- термінали самообслуговування;
- будь-які торгівельні точки;
- інтернет.

Висновки. На основі дослідження маршрутної транспортної мережі міста Луцька розглянуто питання розробки та впровадження інтелектуальних систем оплати проїзду та обліку пасажирів міського пасажирського транспорту в місті Луцьку, які дозволять створити всі необхідні умови для того, щоб успішно впровадити безготівкові форми оплати вартості проїзду в громадському транспорті та встановити загальний порядок обліку наданих послуг громадянам пільгових категорій міським транспортом.

1. Про схвалення концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільного транспорту на період до 2015 року. Розпорядження КМУ від 3 серпня 2011 р. №732-р.
2. Правила надання послуг пасажирського автомобільного транспорту: Постанова КМУ від 18.02.1997 р. (із змінами і доповненнями).
3. Порядок і умови організації перевезень пасажирів та багажу автомобільним транспортом (див. «Методика вивчення попиту населення на пасажирські перевезення»): Наказ Міністерства транспорту України від 21.01.1998 р. за №21, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України від 22.04.1998 р. за №257/2697 (із змінами від 2001 та 2004 рр.).
4. Пасажирські автомобільні перевезення. Терміни та визначення: ДСТУ 2610-94 - [Чинний від 1995-07-01]. - К.: Держстандарт України, 1994. - 16 с. (Державні стандарти України).
5. Про автомобільний транспорт: Закон України від 5 квітня 2001 р. № 2344-III (із змінами в редакції від 23.02.2006 р.).
6. Концепція розвитку ТДК України на середньостроковий період та до 2020 р.// Транспорт. – 2001. – №29. – С.27-30.
7. Архипова В. П. «Аналіз зарубіжного досвіду використання інноваційного обладнання на транспорті (АСКП) і його адаптація для вдосконалення систем у громадському міському транспорті РФ», Москва: МАДИ (ГТУ), збірник наукових праць «Фінансово-економічні проблеми автомобільного транспорту» (випуск дванадцятий), 2007;
8. Архипова В. П. «Формування критеріїв для вибору автоматизованих систем контролю проїзду на міському громадському транспорті з використанням професійної експертної оцінки», Москва: Питання економічних наук № 3 (25) 2007;
9. Дмитриченко М.Ф. Концепція проектування систем міських пасажирських перевезень / М.Ф. Дмитриченко, І.Ф. Шпильовий, В.С. Маруніч, І.М. Вакарчук // Проблеми транспорту: Збірник наукових праць: Вип. 8. - К.: НТУ, 2011. - с. 3-8.
10. Дмитрів М.М. Вдосконалення маршрутних систем пасажирських перевезень в контексті прийняття сітілогістичних рішень на прикладі м. Донецьк / М.М. Дмитрів, Т.А. Воркут, В.П. Матейчик, В.Ф. Плошай, В.С. Маруніч, В.С. Харута, І.М. Вакарчук // LXIX наук.-практ. конф. наук.-пед. прац. асп. студ. та струк. підр. університету. Тези доповідей. -К.: НТУ, 2013.
11. Игнатенко А.С. Логистическая система пассажирских перевозок / А.С. Игнатенко, В.С. Маруніч, Украина; Л.Б. Миротин, РФ // Сб. материалов Московского Международного Логистического форума «Бизнес и логистика-96». - М.: 1996.
12. Ионкис А. Применение логистики в сфере оптимизации потоков городского транспорта / А. Ионкис // Праці Одеського політехнічного університету. - 2011. - N 1. - С. 295-300.
13. Крикавський В.С. Логістика і місто: ефект взаємодії / В.С. Крикавський, О.С. Мельниченко, Р.Л. Сопільник // 2008. - (Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Логістика). - С. 814-822.
14. Левковець П.Р. Системні аспекти логістики в проектах пасажирських перевезень / П.Р. Левковець, І.Ф. Шпильовий // Монографія. - К.: НТУ, 2007.-152с.
15. Левковець П.Р. Перспективи підвищення рівня безпеки та якості транспортних послуг / П.Р. Левковець, В.С. Маруніч, О.І. Мельниченко, І.М. Вакарчук // Вісник Національного транспортного університету. - Київ, 2008. №17. - с.76-80;
16. Маруніч В. С. Логістичне управління проектами розробки міських пасажирських маршрутних систем / В.С. Маруніч, І.М. Вакарчук // LXVII наук.-практ. конференція науково-педаг. працівн., аспір., струк. підр. універ-ту. Тези доповідей. -К.: НТУ, 2011. - с.212.
17. Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Шпильовий І.Ф., Харута В.С. Автоматизований метод обстеження пасажиропотоків: еволюція, сутність та перспективи // Зб. доповідей XII Міжнар. наук.-практ. конф. «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики». - К.: МТЗУ, 2011. - С.210-213.
18. Терешко Н.С. Особливості реалізації пасажирських транспортних послуг в Україні // Формування ринкових відносин в Україні. – 2004. – №12. – С. 101–103.
19. Шальнова Н. С. Проблеми и перспективы развития пассажирского транспорта / Н. С. Шальнова // Молодой ученый. - 2011. - №12. Т.1. - с. 61-64.
20. Шпильовий І.Ф. Програма удосконалення пасажирського транспорту: від концепції до дії / М.Ф. Дмитриченко, М.М. Дмитрів, П.Р. Левковець, І.Ф. Шпильовий, В.С. Маруніч, І.М. Вакарчук // 63 наук. конф. проф.-виклад. складу, асп., студ. Та структурних підрозд. ун-ту. -К.: НТУ, 2007.
21. Шпильовий І.Ф. Методичні основи управління системами міських пасажирських перевезень / І.Ф. Шпильовий // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2010.-вип. 3/6 (45).
22. Мережа автобусних маршрутів загального користування [Електронний ресурс] – 2014. – Режим доступу: <http://www.lutskrada.gov.ua>.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

УДК 621.436

Л.И.Гречихин, Н.Г.Куць
Минский государственный высший авиационный колледж
Луцкий национальный технический университет
ОТКРЫТЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ

Рассмотрен общий принцип преобразования энергий в открытых энергосистемах. Дано обоснование работы теплового насоса на основе молекулярно-кинетической теории. Показано, что работа вентилятора, компрессора и турбины представляют собой тепловые насосы. Выяснено, в каких условиях электромагнитные системы могут работать как тепловой насос.

Ключевые слова: энергокомплекс, тепловой насос, воздушный тепловой насос, электромагнитный тепловой насос.

Форм 9. Лит 11.

Л.І.Гречихін, Н.Г.Куць
ВІДКРИТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

Розглядається загальний принцип перетворення енергії у відкритих енергосистемах. Проводиться обґрунтування теплового насоса на основі молекулярно-кінетичної теорії. Показано, що робота вентилятора, компресора і турбіни являють собою теплові насоси. Уточнені умови, в яких електромагнітна система може працювати як тепловий насос.

Ключові слова: енергокомплекси, тепловий насос, повітряний тепловий насос, електромагнітний тепловий насос.

L.Gretchihin, N.Kuts.
OPENED ENERGY SYSTEM ON TRANSPORT

It was considered a general principle of energy conversion in the opened energy systems. Justification is given for work of the heat pump on the basis of the molecular-kinetic theory. It is shown that the fan, compressor and turbine are working as a heat pump. Electromagnetic heat pump can be used on any vehicle. It has quite low weight and small overall performance, and heat exchange with the environment is carried out throughout the area of the vehicle with ram air, that is implemented by a huge collector of the heat pump.

Key words: energy complex, heat pump, air heat pump, electromagnetic heat pump.

Постановка проблемы. Известно, что работающая турбина преобразует тепловую энергию в механическую работу, а затем в электрическую энергию. Такая система представляет собой тепловую машину, которая работает по замкнутому термодинамическому циклу Брайтона. Вентилятор и компрессор также работают по замкнутому термодинамическому циклу Брайтона. Это не вызывает никаких сомнений, так как термодинамическое описание работы тепловой машины исходит из того, что термодинамическая система замкнута. Когда рассматривается работа двигателя внутреннего сгорания, то в этом случае энергетическая система действительно замкнута, а в случае работы двигателей с внешним сгоранием, работа вентилятора, компрессора и турбины происходит существенное взаимодействие с окружающей средой и тогда система не является замкнутой. В этом случае поступают следующим образом. Из общего энергетического комплекса выделяется контролируемая ее часть и рассматривается она, как замкнутая термодинамическая система. Тогда возможно понять, что происходит, когда такая система потребляет или отдает какое-то количество энергии. При этом процессы взаимодействия с окружающей средой полностью исключаются. Однако именно эти процессы в основном обуславливают эффективность работы тепловой машины открытого типа, т.е., определяют коэффициенты взаимного преобразования разных видов энергий.

Если учитывать процессы, обеспечивающие внешнюю энергосвязь, то закон сохранения энергии следует применять, как его определил Ломоносов. Если закон сохранения энергии в формулировке Джоуля применяется для замкнутых и консервативных систем, то закон сохранения энергии в формулировке Ломоносова справедлив не только для замкнутых и консервативных систем, но и для открытых систем. Казалось бы небольшое отличие одной и другой формулировок закона сохранения энергии не является принципиальным отличием. Однако это приводило к неправильному пониманию, как работает тепловая машина открытого типа.

Анализ публикаций. Впервые в общем виде полный анализ работы энергосистем открытого типа был выполнен в работе [1] без конкретного приложения. Конкретно вентилятор, компрессор и турбина являются энергосистемами открытого типа аналогично работе теплового насоса. Тепловой насос - это устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой [2-5]. Такое определение теплового насоса сложилось в результате

первоначального применения его для обогрева помещений разного назначения. Более полное определение тепловой насоса – это устройство, которое принудительно осуществляет переход энергии от более низкого, к более высокому энергетическому состоянию не только одного вида, но и с преобразованием разных видов энергий путем создания такой разности энергетических состояний, когда самопроизвольно происходит переход энергии от одной энергосистемы к другой.

Разность энергетических состояний, которая обеспечивает самопроизвольный переход энергий от одной энергосистемы к другой, создается как естественным, так и искусственным путем. В качестве примера на рис. 1. показана принципиальная схема компрессионного теплового насоса, применяемого для обогрева помещения.

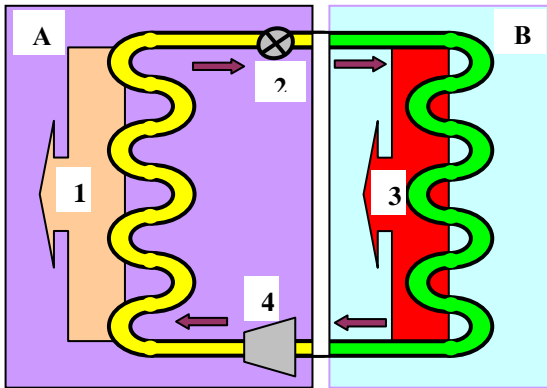


Рис. 1. Схема компрессионного теплового насоса: 1- конденсатор, 2 – дроссель, 3 – испаритель, 4 - компрессор

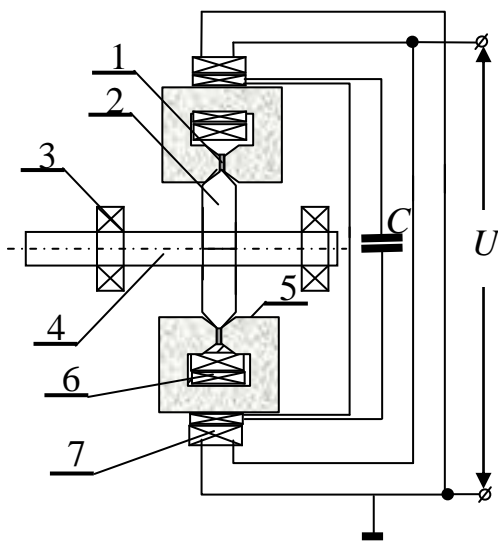


Рис. 2. Принципиальная схема резонансного магнетодинамического генератора переменного тока: 1 – постоянный магнит; 2 – металлический диск ротора; 3 – радиальный шариковый подшипник; 4 – вал ротора; 5 – сердечник магнитной катушки; 6 – катушка индуктивности; 7 – обмотка выходного трансформатора.

почти равный толщине магнитов.

Постоянные магниты используются на основе ферритов-гранатов, которые расположены по окружности диска 2. На рис.2 показан только один металлический диск с постоянными магнитами. Количество таких дисков определяется механической мощностью, которую необходимо преобразовать в электрическую энергию. Один металлический диск с постоянными магнитами, пересекающий зазор в катушках индуктивности, представляет собой отдельный модуль. На рис.6

В испарителе 3 хладагент испаряется и компрессором 4 пар подается в конденсатор 1, который нагревается и тепло отдает в помещение. Дроссель 2 служит для согласования сжатия – разрежения при работе теплового насоса. Получается, что компрессор 4 осуществляет переход энергий от низкопотенциального В к высокопотенциальному источнику энергий А, а в источнике А создается разность энергетических состояний относительно окружающей среды такая, что позволяет самопроизвольно повышать температуру внутри помещения путем организации теплового потока 1 (рис.1). Принципиальная схема работы теплового насоса, приведенная на рис.1, позволяет понять только принцип работы теплового насоса. Реально тепловые насосы создаются по более сложной схеме.

В настоящее время уже созданы электрические мотор-генераторы магнетодинамического типа, которые преобразуют механическую энергию в электрическую в резонансном режиме, и при этом позволяют получать большие мощности, а также вырабатывать избыточную энергию за счет взаимодействия с окружающей средой [6,7].

Конструкция магнетодинамического генератора резонансного типа изображена на рис.2. Ротор такого преобразователя представляет собой металлический вал 4, на котором крепится металлический диск 2. На диске 2 по внешнему радиусу установлены плоские постоянные магниты 1. Форма и толщина плоского магнита может быть разной. Число постоянных магнитов должно быть четным и определяется механической мощностью, которую необходимо преобразовать в электрическую энергию, когда такое устройство работает как генератор. Металлический диск с постоянными магнитами вращается по часовой или против часовой стрелки, и при этом в индуктивностях L наводится ЭДС индукции. Сердечники индукционных катушек 5 имеют зазор,

показан только один модуль, размещенный на металлическом вале ротора 4. Таких модулей может быть несколько. Между собой они соединены параллельно или последовательно электрической цепью. Мощность преобразования энергии возрастает как в первом, так и во втором случаях. Катушки индуктивности со своей электроемкостью и вращающийся металлический диск представляют собой замкнутую резонансную энергосистему. Мощность, вырабатываемая генератором, снимается с резонансного контура с помощью повышающего трансформатора 7.

Движение транспортных средств совершается со сравнительно большими скоростями. Поэтому взаимодействие с окружающей средой возникает достаточно эффективное. Поэтому транспортное средство, движущееся в атмосфере Земли, является открытой энергосистемой. Окружающая нас среда насыщена тепловой, электрической и электромагнитной энергией достаточно большой величины. Если организовать кругооборот этой энергии с высоким коэффициентом преобразования, то можно получить экологически чистый прирост энергии и использовать этот прирост во всех сферах энергопотребления.

Цель и задачи исследования. Вентилятор, компрессор и турбина являются энергосистемами открытого типа аналогично работе теплового насоса. В этой связи возникает цель: рассмотреть работу тепловых насосов, как открытых энергосистем не с позиций термодинамики, а с применением молекулярно-кинетической теории, которая позволяет описать работу энергосистем как замкнутых, так и открытых.

Поставленная цель может быть достигнута путем решения следующих задач:

- рассмотреть общий принцип преобразования энергий в открытых энергосистемах;
- обосновать работу теплового насоса как открытой энергосистемы с применением молекулярно-кинетической теории;
- выяснить какие элементы в общей конструкции транспортного средства приводят к охлаждению корпуса двигателя;
- определить условия работы сложных бортовых электромагнитных энергокомплексов, когда возникает эффективный теплообмен с окружающей средой и реализуется принцип работы теплового насоса.

Результаты исследования. 1. Общий анализ работы открытой энергосистемы

Открытая энергосистема осуществляет перекачку энергии от одной энергосистемы к другой. Чтобы такая перекачка энергии происходила, необходимо от третьего независимого источника энергии использовать определенную энергию и преодолеть энергию активации. На рис.3 приведена общая структура работы сложной открытой системы. От независимого источника энергии 1 работает устройство 2, которое от источника энергии 4 отбирает энергию и передает ее потребителю 3. Если система замкнутая, то для такой системы применим закон сохранения энергии. Одновременно работают три энергосистемы. Результирующая энергия всех трех систем со временем не изменяется. Тогда закон сохранения энергии представится в виде

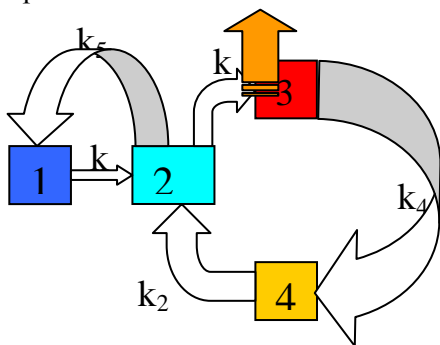


Рис. 3. Общая схема работы теплового насоса: 1 – независимый источник энергии; 2 – согласующее устройство; 3 – потребляющая энергосистема; 4 – питающая энергосистема

$$E_1 + E_3 + E_4 = \text{const.} \quad (1)$$

В равенстве (1) источник энергии 1 отдает часть своей энергии с коэффициентом k_1 в согласующий энергоблок 2 и от источника энергии 4 через энергоблок 2 потребляет энергию с коэффициентом передачи k_5 . Потребитель энергии 3 от согласующего блока 2 получает энергию от источника 4 с коэффициентом передачи k_3 и отдает часть этой энергии в систему 4 с коэффициентом k_4 . Энергосистема 4 через согласующий блок 2 отдает часть своей энергии с коэффициентом передачи k_2 и потребляет от источника 3 энергию с коэффициентом передачи k_4 . В соответствии с представленной схемой рис.3 энергосистема 3 первоначальной энергией не обладала. Поэтому равенство (1) запишется так

$$-k_1 E_1 + k_3 k_2 E_4 + k_3 k_2 E_4 - k_4 k_3 k_2 E_4 = \text{const.} \quad (2)$$

В стационарных условиях имеем

$$-k_1 \frac{dE_1}{dt} + k_3 k_2 \frac{dE_4}{dt} + k_3 k_2 \frac{dE_4}{dt} - k_4 k_3 k_2 \frac{dE_4}{dt} = 0. \quad (3)$$

Рассмотрим два предельных случая. Пусть энергосистема 3 не связана с энергосистемой 4 и независимая энергосистема 1 также не связана с энергосистемой 4, а энергоблок 2 всю получаемую энергию отдает потребителю 3. Тогда $k_5 = 0$; $k_4 = 0$ и $k_3 = 1$. В этом случае отношение мощностей, получаемой от энергоблока блока 1, к мощности потребляемой блоком 2 есть максимальный коэффициент преобразования и он равен

$$\eta = \frac{dE_4 / dt}{dE_1 / dt} = \frac{k_2}{k_1}. \quad (4)$$

Если источник энергии 4 является резервуаром тепловой энергии, то энергоблок 1 в энергоблоке 2 обеспечивает такую разность температур относительно резервуара 4, чтобы произошла самопроизвольная перекачка энергии от резервуара 4 к потребителю 3 через блок 2. В этом случае согласующее устройство 2 выполняет роль теплового насоса. В настоящее время коэффициенты преобразования тепловых насосов достигнуты более 10-и, т.е., $k_2 > 10k_1$ и является максимально возможным. При коэффициенте преобразования $\eta > 1$ возможен другой случай, когда часть энергии, перекачиваемой тепловым насосом, передается в энергоблок 1 и при этом коэффициент преобразования запишется так

$$\eta = \frac{k_3 k_2}{k_1 - k_5 k_2}. \quad (5)$$

При $k_1 = k_5 k_2$ коэффициент преобразования стремится к бесконечности. Это значит, что тепловой насос может работать как «перпетуум мобиле». Однако это не так. Если учесть энергию активации, когда тепловой насос будет работать с коэффициентом преобразования больше единицы, то ситуация меняется. При большой энергоемкости системы 4 в каком-то приближении возможно реализовать коэффициент преобразования (5). Но тогда тепловой насос совместно с энергосистемами 1 и 3 будет представлять открытую систему по отношению к энергосистеме 4.

2. Работа теплового насоса как открытой энергосистемы

Реально тепловые насосы создаются по более сложной схеме. Поэтому для анализа работы теплового насоса следует применять молекулярно-кинетическую теорию, которая позволяет оперировать не общими энергетическими параметрами, а как эти параметры формируются с включением разных взаимодействий на атомно-молекулярном и кластерном уровнях.

За определенный промежуток времени из окружающей среды, огромной по размеру, тепловой насос отбирает энергию и вводит ее в систему малого объема со значительно меньшей массой. В таком объеме температура может либо возрасть, либо наоборот уменьшаться в зависимости от соотношения потоков энергии на входе и на выходе, а также теплофизических свойства взаимодействующих энергосистем. Величина роста температуры обусловлена тем, насколько меньший обратный поток энергии из обслуживающей системы в окружающую среду по сравнению с потоком, который вводится в систему. Эффективность теплового насоса определяется отношением разности температур на выходе и на входе к температуре на выходе, т.е., в конечном итоге, определяется насколько меньший поток энергии выходит из обслуживающей энергосистемы. Следовательно, коэффициент теплопроизводительности насоса определяется отношением:

$$K_H = \frac{T_{\text{вых.}} - T_{\text{вх.}}}{T_{\text{вых.}}} \quad (5)$$

Температура на входе теплового насоса по существу является температурой окружающей среды. Тогда из (5) следует, что чем меньше температура окружающей среды, тем больше коэффициент теплопроизводительности. На самом деле все наоборот. По мере уменьшения температуры окружающей среды коэффициент теплопроизводительности падает, а при достаточно низких температурах тепловой насос вообще прекращает работать.

Поэтому коэффициент теплопроизводительности теплового насоса следует определять как отношение полезного тепла, передаваемого потребителю, к энергии, затраченной на работу теплового насоса. Этот коэффициент трансформации отличен от коэффициента, определяемого по (5). Для согласования одного и другого коэффициентов вводят коэффициент степени термодинамического совершенства, который оценивают величиной 0,55.

Получается, что термодинамический подход с анализом работы замкнутого термодинамического цикла для описания работы теплового насоса не достаточно правомерен

Общая схема работы теплообменника в воздушном коллекторе приведена на рис.4. Корпус транспортного средства (ТС) как теплообменник взаимодействует с воздухом окружающей неподвижной среды. На внешней поверхности ТС адсорбируются молекулы кислорода. Адсорбционный слой молекул кислорода обладает температурой основы, т.е., корпуса ТС T_2 . Под воздействием потока воздуха вследствие упругого удара о корпус ТС адсорбированные молекулы кислорода приобретают дополнительную энергию.

При наличии разности температур корпус ТС приобретает энергию вследствие конвективного теплообмена. Поток энергии, воспринимаемый корпусом ТС, составит

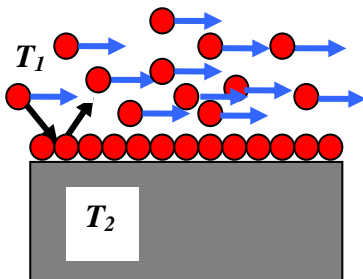


Рис 4. Схема теплообмена корпуса ТС с окружающим воздухом

$$\dot{Q} = \frac{1}{4} \frac{P_0}{T_1} \theta \left(1 + \frac{v_c}{v_T} \right) v_T \frac{3}{2} (T_1 - T_2) \quad (6)$$

где P_0 – давление воздуха в окружающей среде, θ – коэффициент передачи энергии при столкновении молекул воздуха с кластерами материала корпуса ТС; v_c – скорость движения ТС в неподвижной среде и $v_T = \sqrt{8k_B T_1 / \pi m_a}$ – средне хаотическая скорость движения молекул воздуха, T_1 – температура окружающей среды и T_2 – температура корпуса ТС.

3. Охлаждение корпуса транспортного средства

Когда работает вентилятор, компрессор или турбина, то за тыльной стороной лопастей формируется срывное течение. В области срывного течения возникает разрежение, которое заполняется воздухом со скоростью звука. В процессе столкновения с поверхностью ТС, совершающего движение в неподвижной атмосфере, молекулы воздуха при столкновении передают часть своей энергии и воздух охлаждается за тыльной стороной вращающихся лопастей. В этом случае равновесное состояние реализуется в динамике и при этом создается определенная разность температур. Так как происходит отсос энергии из окружающей среды, то возникают условия для работы теплового насоса.

Пусть для вращения турбин применены мотор-генераторы мощностью 4 кВт. Такие мотор-генераторы обеспечат преодоление энергии активации турбиной со следующими параметрами лопастей: длина лопасти 0,22 м, ширина между лопастями на оси вращения 0,12 м, длина хорды лопасти 0,1 м с радиусом скругления на вершине лопасти 9 см. Потребляемая мощность для преодоления энергии активации составит 3890 Вт. Преодоление такой энергии активации произойдет при частоте вращения турбины 940 об/мин. На частоте вращения турбины 4000 об/мин с указанными лопастями она начнет вырабатывать мощность 117 кВт (или ~ 157 Л.С.), работая как тепловой насос. Такой мощности достаточно для энергообеспечения легкового автомобиля.

Тепловые насосы совместно с электрическими и тепловыми двигателями представляют собой сложную энергосистему. На транспорте такие системы получили название гибридных. В процессе взаимодействия ТС с воздухом окружающей среды можно максимально использовать принцип возврата энергии из окружающей среды применяя тепловой насос. В этом случае бортовые тепловые двигатели могут вообще не использоваться. Достаточно иметь на борту только аккумуляторы электрической энергии, которые в импульсном режиме должны преодолевать энергию активации. Если на борту ТС отказаться от тепловых двигателей и перейти полностью на электротягу, то применяя электромагнитные динамические системы, можно осуществить отсос энергии из окружающей среды необходимой мощности.

4. Электромагнитные энергокомплексы в режиме теплового насоса

В резонансных условиях ($\omega \cong \omega_0$) электрический ток во внешней цепи равен нулю. Следовательно, параллельный RLC-контур для приложенного переменного напряжения с частотой, равной частоте собственных колебаний контура, представляет собой бесконечное сопротивление. Это означает, что в условиях резонанса параллельный RLC-контур является замкнутой энергосистемой по отношению к внешнему источнику переменного напряжения. Запишем применительно к такой системе, в соответствии с законом превращения энергии, первое начало термодинамики, а именно:

$$dU_T + dA = 0, \quad (7)$$

Получается, что в резонансных условиях энергия, запасенная в колебательном контуре, расходуется на все виды работ за счет внутренней энергии. Если нет притока энергии извне, то переменные потери на активном сопротивлении компенсируются запасенной электрической энергией в контуре, а постоянные потери в сердечнике, за счет гистерезиса зависимости магнитной индукции от напряженности внешнего магнитного поля, т.е., компенсируются за счет тепловой энергии, запасенной в магнитном сердечнике. Поэтому в резонансных условиях электрический параллельный колебательный контур является замкнутой системой по отношению к приложенному внешнему переменному напряжению и открытой системой по отношению к теплообмену с окружающей средой, и при этом выполняет роль теплового насоса. Кроме этого, такой резонансный контур является активной магнитной антенной, воспринимающей магнитные и электромагнитные волны из окружающей среды.

Если не учитывать поступление энергии магнитных и электромагнитных волн в систему RLC-контур и рассматривать только тепловую составляющую, то тогда разность температур, которая обеспечит потери за счет внутренней энергии сердечников катушек индуктивностей вследствие конвективного теплообмена, составит:

$$\Delta\bar{T} = \frac{P_{\infty} m_a v_T^3 (\theta_{\phi} S_{\phi} + \theta_{Al} S_{Al})}{8k_B T (c_{\phi} m_{\phi} + c_{Al} m_{Al}) f} = 1,73. \quad (8)$$

Здесь P_{∞} – давление воздуха при нормальных условиях, v_T – среднехаотическая скорость движения молекул воздуха при температуре T , c_{ϕ} и m_{ϕ} – удельная теплоемкость и масса ферритового сердечника и c_{Al} и m_{Al} – удельная теплоемкость и масса дюралевого диска.

Получается, что конвективный теплообмен мотор-генератора с воздухом при температуре $T = 298$ К вполне обеспечивает нормальную работу такого устройства как теплового насоса, которое позволяет непосредственно преобразовывать тепловую энергию окружающей среды в электрическую энергию при разности температур 1,7 К и получать на выходе высокую выходную мощность. При длительной работе такого теплового насоса непрерывно должна понижаться температура окружающей среды. Экспериментально в работе [6] при диаметре диска 1 м получали избыточную энергию ~ 70 кВт, а температура окружающей среды уменьшалась на 6-8 К, что согласуется с разработанной моделью работы такого магнитодинамического мотор-генератора.

Таким образом, магнитодинамический мотор-генератор является типичным тепловым насосом, который преобразует низкопотенциальное тепло окружающей атмосферы в электрическую энергию с коэффициентом преобразования больше единицы. Так в аналогичном двигателе Минато [7] на вход статора подавалось напряжение 1,8 В, при этом ток потребления составлял 150 мА, а на выходе напряжение было 9,144 В с током потребления 192 мА [7]. В результате коэффициент преобразования тепловой энергии в электрическую составил 3,25, а более мощный магнитный двигатель давал коэффициент преобразования 12-19 [7].

Кроме этого такое устройство является магнитной антенной, которая аккумулирует переменную энергию магнитного поля и электромагнитного поля окружающей среды. Например, в работе [6] были обнаружены зоны повышенной напряженности магнитного поля со значением магнитной индукции 0,05 Тл, что соответствует напряженности магнитного поля 39,8 кА/м. Наличие таких мощных переменных магнитных полей вблизи работающего магнитодинамического мотор-генератора вызывает переменное электрическое поле напряженностью

$$E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H = 1,5 \cdot 10^7 \text{ В/м}. \quad (9)$$

Электрический пробой воздуха происходит при напряженности поля $3 \cdot 10^6$ В/м [8]. Поэтому вокруг работающего магнитодинамического мотор-генератора возникает коронный разряд, в котором возбуждаются однократные ионы молекул азота со свечением воздуха в виде фиолетово-голубого ореола. Такое свечение наблюдалось многими исследователями [6,7], начиная с Н. Тесла.

Почему происходит аккумуляция магнитной энергии у работающего магнитодинамического мотор-генератора пытаются объяснить поляризацией неоднородного физического вакуума [7,9]. Если такой механизм в природе существует, то предстоит его экспериментально исследовать.

Получается, что за счет магнитного гистерезиса в ферро- и ферритмагнитных материалах происходит охлаждение сердечников в применяемых индуктивностях. Чем больше коэрцитивная

сила, тем заметнее будет охлаждение сердечников индуктивностей. Для получения магнитного насыщения следует увеличивать амплитуду тока, пропускаемого через индуктивности. В результате возрастет тепловыделение в обмотке индуктивности, а это для теплового насоса нежелательное явление. Поэтому в работе [10] было предложено в качестве сердечников применяемых индуктивностей использовать ферриты с продольным магнитным резонансом в оптимальных условиях работы магнитодинамического мотор-генератора в качестве теплового насоса заданной мощности. Тепловой насос на продольном ферритмагнитном резонансе аккумулирует энергию переменного магнитного поля.

Приведем оценки, выполненные применительно к земному магнетизму в [11]. Переменная составляющая магнитного поля Земли составляет 1% от ее постоянного значения ($\sim 0,5$ Эрстед). Например, относительная магнитная проницаемость феррита MgOFe_2O_3 $\mu_r = 8,33 \cdot 10^3$, относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_r = 21,13$. Тогда для феррита диаметром 1 см и длиной 10 см получаем $\Delta T = 0,8$ К. Если учесть, что вследствие магнитного гистерезиса также происходит падение температуры ферритового сердечника, то тогда $\Delta T = 2,5$ К. Получается, что в продольном резонансе охлаждение феррита происходит более интенсивно. Такое устройство представляет собой вихревой тепловой насос.

Электромагнитный тепловой насос можно использовать на любом виде транспорта. Он обладает достаточно малыми массо-габаритными характеристиками, а теплообмен с окружающей средой осуществляется всей площадью транспортного средства с набегающим потоком воздуха, т.е., реализуется огромный коллектор теплового насоса.

Выводы. Проведенный краткий анализ воздушных и электромагнитных тепловых насосов свидетельствует о том, что в ближайшем будущем на транспорте появятся новые энергокомплексы преобразования разных источников энергий с целью полного отказа от углеводородного топлива. Человечество находится на пороге смены цивилизаций от углеводородной к водородно-водяной, а в конечном итоге сформируется цивилизация с бестопливной энергетикой, которая была реализована Николой Тесла. Вся энергетика в такой цивилизации будет основана на применении тепловых насосов. Транспорт в настоящее время является локомотивом наметившегося прогресса техники и ее научного обоснования.

1. Гречихин Л. И. Общие основы формирования и превращения энергетических полей разной природы / Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. «Энергетика», 2006, № 3, с. 32-39.
2. Амерханов Р. А. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.
3. Мазуров О. К., Кузнецов Н. В., Квакин С. Д. Тепловые насосы и их эффективность для целей теплоснабжения и улучшения экологической обстановки. / Изв. Рост. гос. строит. у-та. 2006. № 10. С. 266-273.
4. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – М.: «Красная звезда», 2006. – 220 с.
5. Володин В. И. Влияние внутренних и внешних факторов на эффективность тепловых насосов. Препринт ИПЭ-22. – Мн.: ИПЭ АНБ, 1996. – 24 с.
6. Рошин В. В., Годин С. М. Экспериментальное исследование физических эффектов в динамической магнитной системе. // Международный конгресс – 2000. «Фундаментальные проблемы естествознания и техники». С.-Петербург, 2000, Т.1, №1, с.202-205.
7. Хмельник С. И. Автономный бестопливный электромагнитный генератор. Интернет: site "Spasebloom.net". 2007.
8. Гречихин Л. И. Физика. Электричество и магнетизм. Современная электродинамика. – Мн.: Право и экономика, 2008. – 302 с.
9. Дятлов В.Л. Поляризация модель неоднородного физического вакуума. – Новосибирск: Изд. Ин-та математики, 1998.
10. Бигель А. С., Гречихин Л. И., Рогожинский Ю. А., Шумский И. П. Электромагнитный тепловой насос /Аграрная энергетика в XXI-м веке: Материалы Международной научно-технической конференции. (Минск, 25-26 сентября 2001 г.). Под ред. В. С. Котова. – Мн.: УП «Технопринт», 2001.
11. Гречихин Л. И., Куць Н. Г. Энергетические комплексы на транспорте. – Мн.: Право и экономика, 2013. – 253 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

УДК 656.13

Т.М.Григорова

Військова академія

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ У ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОЇ СТОМЛЮВАНOSTІ ПАСАЖИРІВ

У статті розглядаються питання, що стосуються вдосконалення транспортного обслуговування приміського населення. Обґрунтовується вид критерію ефективності вдосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні громадським транспортом.

Ключові слова: транспортна система, приміське сполучення, транспортна стомлюваність пасажирів, час пересування, час очікування, вільний час пасажирів.

Форм 17. Літ 13.

Т.М.Григорова

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ У ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОЇ СТОМЛЮВАНOSTІ ПАСАЖИРІВ

В статье рассматриваются вопросы, касающиеся совершенствования транспортного обслуживания населения пригорода. Обосновывается вид критерия эффективности совершенствования системы перевозки пассажиров в пригородном сообщении общественным транспортом.

Ключевые слова: транспортная система, пригородное сообщение, транспортная утомляемость пассажира, время передвижения, время ожидания, свободное время пассажира.

T.Grygorova

IMPROVEMENT OF PASSENGER TRANSPORTATION IN SUBURBAN PUBLIC TRANSPORT, TAKING INTO ACCOUNT THE TRANSPORT OF PASSENGERS FATIGUE

The article discusses issues related to improving public transport services suburbs. Analysis of the literature showed that the design of process parameters passenger transportation includes activities such as the definition of runs routes , capacity , number of vehicles location of stops along the routes . These parameters affect the patterns of movement of vehicles on the routes and transport passengers fatigue . Fatigue - a physiological condition of the body that accompanies a long and intensive work . This condition is expressed in a temporary impairment of function of the nerve cells of the cerebral cortex that extends to other systems of the body and determine the capacity of man . Passenger transport fatigue - one of the criteria unconscious choice mode of travel . At improving the process of transportation demand for the service increases. Demand determines supply, and the ratio of supply and demand depends on the market situation . Since passenger transport provides service for passengers , the motor company is interested in getting income from this service . Proposed in improving the system performance criterion transportation of passengers in suburban public transport allows you to determine the optimum parameters from the perspective of public transport passengers including revenues from transport companies carrying passengers, costs of transport companies to organize transportation process and value costs to society as a result of the transport process .

Keywords: transport system, commuter, passenger transport fatigue, travel time, waiting time, free time passenger.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших завдань функціонування пасажирських транспортних систем є визначення технологічних параметрів транспортного процесу [6]. Особливо актуальне значення це має для організації перевізного процесу перевезення пасажирів у приміському сполученні внаслідок того, що система організації транспортного обслуговування жителів передмістя знаходиться у стадії реорганізації і не відповідає сучасним вимогам управління транспортними комплексами. Потреба в приміських перевезеннях виникає у 95% населення України, а річний обсяг перевезень їх складає 35% від загального [3]. При розвитку приміських транспортних систем недостатньо уваги приділяється вивченню технологій організації перевезень. Методи, моделі та алгоритми організації транспортного обслуговування населення приміських зон, як правило, спираються на розробки, які були виконані ще в минулому столітті, а тому не повністю враховують сучасні особливості його організації. Найбільш суттєві відмінності в організації перевезення пасажирів у приміському сполученні, в порівнянні з іншими видами сполучення, характеризуються закономірностями формування пасажиропотоків та вимогами управління режимами роботи транспортних засобів. Тому, удосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні набуває вирішального значення для сільських населених пунктів.

©Т.М.Григорова

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Задача підвищення привабливості громадського транспорту набуває все більшої актуальності у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень. Ефективність пасажирських перевезень насамперед визначається ефективністю використання транспортних засобів та соціальними показниками обслуговування населення [5, 10].

Проектування параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів включає в себе такі заходи, як визначення трас маршрутів, місткості і кількості транспортних засобів, місцеположення зупиночних пунктів на маршрутах [8]. Дані параметри впливають на закономірності руху транспортних засобів на маршрутах [10] і транспортну стомлюваність пасажирів [6].

Стомлюваність (стомлення) - це фізіологічний стан організму, який супроводжує тривалу й інтенсивну роботу. Цей стан виражається в тимчасовому розладі функцій нервових клітин кори головного мозку, що розповсюджується і на інші системи організму і визначає працездатність людини [12]. Стомлення визначається зміною функціонального стану людини [13]. Функціональний стан - це комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей людини, які прямо або побічно обумовлюють виконання трудової діяльності [12]. Любий вид діяльності людини призводить до стомлення. Транспортний процес також негативно позначається на характеристиках життєдіяльності пасажирів. Так під час поїздки пасажир витрачає час на її здійснення. В процесі пересування пасажир стомлюється, що призводить до зниження його виробітки на основному виробництві. Величина виробітки визначається функціональним станом пасажирів у момент його прибуття на роботу. На зміну функціонального стану істотний вплив чинять витрати часу на пересування і здійснення поїздки. Крім того, сам процес пересування призводить до зменшення вільного часу пасажирів, який також має свою вартісну оцінку [4, 13]. Транспортна стомлюваність пасажирів – один з критеріїв неусвідомленого вибору способу пересування. При удосконаленні процесу перевезення попит на послугу зростає. Попит зумовлює пропозицію, а від співвідношення попиту і пропозиції залежить ситуація на ринку. Таким чином, впливаючи на фактори, які визначають транспортну стомлюваність пасажирів, можливо впливати на обсяги перевезення пасажирів у приміському сполученні.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Українськими вченими висвітлюються різноманітні проблеми організації перевезення пасажирів у приміському сполученні. Однак, на пасажирському транспорті теорія як індивідуальних, так і колективних рішень, ще мало досліджена, і до цього часу не запропоновано цілісної системи розробки ефективних рішень. Невирішеними залишаються питання удосконалення організації автобусного сполучення у приміському сполученні, що пов'язано з відсутністю відповідного критерію для оцінки рівня ефективності організації системи перевезення пасажирів у приміському сполученні громадським транспортом з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів.

Метою дослідження є визначення критерію ефективності вдосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні громадським транспортом з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів.

Основні результати дослідження. Критерій ефективності вдосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні громадським транспортом повинен враховувати інтереси, як пасажирів, так і автотранспортного підприємства. Це можливо формалізувати наступним чином:

$$E = D_{\text{тп}} - Z_{\text{тп}} - C_{\text{п}} \longrightarrow \max, \quad (1)$$

де $D_{\text{тп}}$ - доходи транспортних підприємств від перевезень пасажирів, грн.; $Z_{\text{тп}}$ - витрати транспортних підприємств на організацію процесу перевезень, грн.; $C_{\text{п}}$ - вартісний вираз витрат суспільства, внаслідок транспортного процесу.

Оскільки пасажирський транспорт надає послугу з перевезення пасажирів, то зацікавленість автотранспортного підприємства полягає в отриманні доходів від цієї послуги. Доходи транспортних підприємств можна визначати за наступною залежністю [7]:

$$D_{\text{тп}} = Q \cdot T, \quad (2)$$

де Q - обсяг перевезень на маршруті, пас./год.; T - величина тарифу на послуги пасажирського транспорту, грн./пас.

Обсяг перевезень на маршруті можливо визначити з використанням технологічних показників маршруту:

$$Q = \frac{60 \cdot q_H \cdot \gamma \cdot \frac{L_m}{I_{cp}}}{\frac{T_{об}}{2}}, \quad (3)$$

де I_{cp} - середня відстань поїздки одного пасажера, км; q_H - пасажиромісткість одиниці рухомого складу, пас.; γ - коефіцієнт використання місткості транспортного засобу; $T_{об}$ - час обертів транспортних засобів на маршруті, хв.; L_m - довжина маршруту, км.

Оскільки сума доходів визначається обсягом автобусних перевезень і діючими тарифами, то величина тарифів на перевезення пасажирів визначається на основі собівартості за наступною формулою [11]:

$$T = S \cdot (1 + R), \quad (4)$$

де S - собівартість перевезень, грн./пас; R - коефіцієнт рентабельності перевезень.

Тарифи встановлюються відповідно до собівартості перевезень і передбачають накопичення коштів, що необхідні для подальшого розвитку підприємств автобусного транспорту. Накопичення, або прибуток, автобусного підприємства є різницею між загальною сумою доходів від автобусних перевезень і загальною сумою витрат транспортних підприємств.

Таким чином, витрати транспортних підприємств на організацію перевезень визначаються таким чином [6]:

$$З_{пт} = Q \cdot S, \quad (5)$$

де S - собівартість перевезень, грн./пас.

Собівартість перевезень визначається за наступною формулою [2]:

$$S = \frac{S_{1км} \cdot I_{cp}}{q_H \cdot \gamma \cdot \beta}, \quad (6)$$

де $S_{1км}$ - собівартість виконання одного кілометра пробігу, грн./км; β - коефіцієнт використання пробігу.

Собівартість включає прямі витрати: заробітну платню водіїв автобусів і кондукторів, а також ремонтних робітників по обслуговуванню автобусів, відрахування на соціальні потреби, витрати а паливо і змащувальні матеріали, ремонт, технічний огляд і ремонт автомобілів, амортизаційні відрахування на повне відновлення і податки, які відносяться до собівартості. Оскільки собівартість у свою чергу пов'язана з технічною швидкістю транспортного засобу, то одним з чинників, який впливає на величину собівартості перевезень є параметри траси маршруту, які також впливають на доходи і витрати транспортних підприємств.

Транспортний процес об'єктивно впливає на функціональний стан організму людини, і, залежно від умов поїздки, це призводить до певного ступеня стомлюваності пасажера, що у свою чергу призводить до витрат суспільства, внаслідок транспортного процесу [5]:

$$C_{п} = t_{пер} \cdot C_{ч} + C_{д}, \quad (7)$$

де $t_{пер}$ - загальні витрати часу пасажирів на пересування, год.; $C_{ч}$ - вартісна оцінка вільного часу пасажера, грн./год.; $C_{д}$ - зниження доходу середньостатистичного пасажера на основному виробництві, грн.

Зниження доходу середньостатистичного пасажера на основному виробництві можна визначити за наступною формулою [4]:

$$C_d = \frac{D_m \cdot P_{ij}}{D_{pm} \cdot 100}, \quad (8)$$

де D_m - доход середньостатистичного пасажиру за місяць, грн.; P_{ij} - залежність виробітки пасажирів на основному виробництві від їхнього стану, %; D_{pm} - середня кількість робочих днів у місяці, дні.

Величина зменшення виробітки пасажирів на основному виробництві внаслідок транспортного процесу визначається його функціональним станом у момент його прибуття на роботу. Залежність зниження виробітки пасажирів на основному виробництві має наступний вигляд [4]:

$$P_{ij} = -0,0709 + 0,545(\Pi - 3)^2, \quad (9)$$

де Π - показник, що характеризує через транспортні параметри функціональний стан організму пасажирів наприкінці поїздки, бали.

Зміна функціонального стану пасажирів при підході до зупинного пункту, на зупинці і в транспорті відбуваються за певною залежністю. За величиною, яка вимірюється в балах, можна визначити в якому стані знаходиться людина [1]:

- до 3 балів - нормальний стан;
- від 3 до 6 балів - стан напруги;
- від 6 до 8 балів - стан перенапруження;
- від 9 до 10 балів - стан виснаження.

Визначення транспортної стомлюваності пасажирів при міських перевезеннях було проведено дослідниками та описано у праці [3]. Приміські перевезення пасажирів мають технологічні особливості. Внаслідок цього, визначення транспортної стомлюваності пасажирів в процесі приміських перевезень потребує додаткових досліджень.

Показником, який найбільш узагальнено виражає інтереси пасажирів є сумарні витрати часу на пересування. Від тривалості пересування і умов поїздки залежить відсоток зниження ефективності суспільного виробництва пасажирів при перевезенні. Витрати часу на пересування можна виразити за наступною залежністю [8]:

$$t_{пер} = 2 \cdot t_{пш} + t_{оч} + t_{пр}, \quad (10)$$

де $t_{пш}$ - час пішого підходу до зупинного пункту, хв.; $t_{оч}$ - час очікування транспортного засобу на зупинному пункті, хв.; $t_{пр}$ - час руху в транспортному засобі, хв.

Час пішого підходу до зупинного пункту визначається наступним чином [8]:

$$t_{пш} = \left(\frac{k_{нп} \cdot k_{е.о}}{V_{пш}} \right) \cdot l_{пш}, \quad (11)$$

де $k_{нп} = 1,2$ - коефіцієнт непрямолінійності підходу до зупинного пункту; $k_{е.о} = 1 + \frac{V_{пш}}{V_c}$ - коефіцієнт вибору зупинного пункту, що забезпечує економію загальних витрат часу на пересування в порівнянні з поїзкою від найближчого зупинного пункту; V_c - швидкість сполучення транспорту, км/год.; $V_{пш}$ - швидкість руху пішоходу, км/год.; $l_{пш}$ - середня відстань пішого руху, км.

Час очікування транспортного засобу на зупинному пункті визначається наступним чином:

$$t_{оч} = \frac{l}{2} = \frac{T_{об}}{2A}, \quad (12)$$

де A – кількість автобусів, які працюють на маршруті, од.

Кількість автобусів, які працюють на маршруті, визначається за залежністю

$$A = \frac{F_{max} \cdot T_{об}}{q_n \cdot \gamma}, \quad (13)$$

де F_{max} – значення пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту, пас/год.
З урахуванням залежності (12) час очікування визначається за формулою:

$$t_{оч} = \frac{q_n \cdot \gamma}{2F_{max}}. \quad (14)$$

Час руху в транспортному засобі визначається наступним чином:

$$t_{пр} = \frac{l_{ср}}{V_c}. \quad (15)$$

Оскільки процес пересування призводить до зменшення вільного часу пасажирів, який теж має свою вартісну оцінку. Вартісна оцінка вільного часу пасажирів визначається за формулою [9]:

$$C_ч = \frac{3П_{ср}}{\Phi_{км} - (\Phi_{рм} + \Phi_{ом})}, \quad (16)$$

де $3П_{ср}$ - середньомісячна заробітна платня одного робітника, грн.; $\Phi_{км}$ - часовий фонд календарного місяця, год.; $\Phi_{рм}$ - місячний фонд робочого часу, год.; $\Phi_{ом}$ - місячний фонд вільного часу, год.

Таким чином, з урахуванням залежностей (2) – (16) критерій ефективності перетворюється в наступну:

$$E = \frac{60 \cdot q_n \cdot \gamma \cdot \frac{L_m}{I_{ср}}}{\frac{T_{об}}{2}} \cdot (((S \cdot (1 + R)) - \frac{S_{1км} \cdot I_{ср}}{q_n \cdot \gamma \cdot \beta}) - ((2 \cdot ((\frac{k_{нп} \cdot k_{е.о}}{V_{пш}}) \cdot I_{пш}) + \frac{q_n \cdot \gamma}{2F_{max}} + \frac{I_{ср}}{V_c}) \cdot \frac{3П_{ср}}{\Phi_{км} - (\Phi_{рм} + \Phi_{ом})}) + \frac{D_m \cdot (-0,0709 + 0,545(\Pi - 3)^2)}{D_{рм} \cdot 100}) \rightarrow \max$$

$$q_n, \gamma, L_m, I_{ср}, t_{об}, S, F_{max}, \Pi \in \Omega \quad (17)$$

$$\Omega: 12 \leq q_n \leq 115 \text{ пас}; 0,3 \leq \gamma \leq 1,3; 5 \leq L_m \leq 50 \text{ км}; 1 \leq I_{ср} \leq 50 \text{ км}; 0,4 \leq T_{об} \leq 5 \text{ год}; 0,5 \leq S \leq 20 \text{ грн.}; 500 \leq F_{max} \leq 4000 \text{ пас./год.}; 2 \leq \Pi \leq 6.$$

Висновки. Раніш проведені дослідження з вдосконалення перевезення пасажирів у приміському сполученні не враховували вплив транспортного процесу на транспортну стомлюваність пасажирів. Критерій ефективності вдосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні громадським транспортом, що розглядається, дає можливість визначення параметрів перевезення пасажирів з урахуванням впливу процесу перевезення на транспортну стомлюваність пасажирів. Однак, запропонований критерій ефективності не враховує стохастичний характер параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів. Для врахування цієї особливості можливо використовувати імітаційне моделювання процесу перевезення пасажирів у приміському сполученні.

©Т.М.Григорова

1. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.Н. Кириллов, С.З. Клецкин. - М.: Наука, 1984. - 222 с.
2. Бычков В.П. Экономика автотранспортного предприятия / В.П. Бычков. - М.: ИНФРА - М, 2006. - 384 с.
3. Вакарчук І. М. Управління проектами та програмами побудови приміських автобусних систем : Дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / Вакарчук І. М. — К., НТУ, 2006. — 235 с.
4. Гюлев Н.У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: Дис...канд. техн. наук: 05.22.10 / Гюлев Н.У. - Х.: ХАДИ, 1993. - 174 с.
5. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / В.К. Доля. – Харьков: Основа, 1992. – 144 с.
6. Доля В. К. Пасажи́рські перевезення / Доля В. К. – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504 с.
7. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / Спирин И.В. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
8. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с
9. Папаскуа А.А. Совершенствование организации пассажирских автомобильных перевозок в загруженных районах городов: Дис...канд. техн. наук / Папаскуа А.А. - Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2004. - 191 с.
10. Пассажи́рские автомоби́льные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин. М.: Горячая линия – телеком, 2006. - 448 с.
11. Попова И.В. Маркетинг транспортных услуг / И. В. Попова. - Харьков, ХНАДУ, 2002. - 224 с.
12. Руководство по физиологии труда / [под ред. проф. М.И. Виноградова]. – М.: Медицина, 1969. – 408 с.
13. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / [под. ред. В.И. Медведева]. – Л. Наука, 1984. – 140 с.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014

УДК 621.43.016.4(031)

Г.С.Гудз, М.В.Глобчак, О.Й.Коцюмбас, О.Р.Клипка
Національний університет "Львівська політехніка"
ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ
ТЕПЛОВОГО СТАНУ СЕРЕДОВИЩА "ГІЛЬЗА-ОХОЛОДНИК" ДВЗ

Розроблений вимірювальний комплекс до стенда для дослідження теплового стану середовища "гільза-охолодник" двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). Детально описані модулі вимірювання температур гільзи циліндрів та охолоджувального середовища двигуна.

Ключові слова: автомобільний двигун, випробувальний стенд, гільза циліндра, охолодник, вимірювальний модуль.

Рис 8. Літ 5.

Г.С.Гудз, М.В.Глобчак, О.И.Коцюмбас, О.Р.Клыпко
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ "ГИЛЬЗА-ОХЛАДИТЕЛЬ" ДВИГАТЕЛЯ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Разработан измерительный комплекс к стенду для исследования теплового состояния среды "гильза-охладитель" двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Подробно описаны модули измерения температур гильзы цилиндров и охлаждающей среды двигателя.

Ключевые слова: автомобильный двигатель, испытательный стенд, гильза цилиндра, охладитель, измерительный модуль.

G.Gudz, M.Globchak, O.Kotsjumbas, O.Clypko
MEASURING COMPLEX FOR SYSTEM INVESTIGATION OF THERMAL
CONDITION OF ENVIRONMENT "SHELL-COOLER" OF INTERNAL COMBUSTION
ENGINE

Measuring complex of laboratory bench for investigation of thermal condition of environment "shell-cooler" of internal combustion engine considered. A complex is built on a modularity. It includes: 1) lap-top computer; 2) modules of determination of temperature of shell and cooler; 3) modules of determination of twisting moment and frequency of rotation of crankshaft of engine; 4) module of microcontroller and indication; 5) a converter of information is a 64-conduit oscillograph of mean of collateral diagnosis "Autoscintiscanner" from Open System.

The modules of determination of temperature of shell and its cooler are considered in detail. A platinum thermo-resistor serves as a detector. Basic data of detectors and their appearance are presented. The check of temperature of shell of engine was conducted in three points on two adjacent average shells of crankcase, and in four points of cooler.

The electric charts of the modules of determination of temperature of shell and cooler of internal combustion engine are shown. Converters a "temperature to tension" are realized after a bridge chart on the basis of instrumental strengthener of class of LT 1101 with an acceleration which is evened 100 factor. Output of 0-5 Volt corresponds to the change of temperature of 0-500° C, the error of determination of temperature makes $\pm 0,5^{\circ}$ C. Taring charts of dependences of output sensor's voltage on measureable temperatures of the objects of research are presented.

Keywords: motor-car engine, laboratory bench, shell of core barrel, cooler, measuring module.

Постановка проблеми. Проведення ремонтних операцій з гільзами циліндрів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) приводить до зміни теплопередачі між внутрішньою та зовнішньою стінками гільзи, й тим самим впливає на паливну ошадливість, надійність та екологічність машин.

Для керування температурним режимом ДВЗ конструктор повинен володіти системним методом, що дозволяє дослідити комплексний вплив різних чинників на тепловий стан гільзи циліндрів та охолодника. До такого методу належить математичне моделювання теплових процесів [1], яке у сукупності з теорією подібності та плануванням експерименту приводить до ефективного розв'язку таких задач. Безумовно, у вивченні теплових процесів велике значення має фізичний експеримент, необхідний для перевірки адекватності математичної моделі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням теплового стану автомобільних двигунів присвячена низка робіт [2,3,4], але в них не розглянуті питання впливу ремонтних дій стосовно гільз циліндрів на температурний режим середовища "гільза-охолодник".

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Оцінювання впливу ремонтних змін циліндрів на температурний стан середовища "гільза-охолодник" вимагає подальших досліджень із застосуванням сучасних стендів [5], для яких необхідна прецизійна вимірювальна апаратура, що й визначає актуальність задачі.

Мета статті. Метою статті є опис розробленого високоточного вимірювального комплексу для дослідження на сучасному стенді теплового стану середовища "гільза-охолодник" ДВЗ.

Матеріали та результати дослідження. Для проведення досліджень стенд, описаний в роботі [5], був оснащений сучасним вимірювальним комплексом. Загальний вигляд експериментальної установки наведений на рис. 1.



Рис. 1. Експериментальна установка

Комплекс включає модулі вимірювання: 1) температури гільзи; 2) температури охолоджувальної рідини; 3) частоти обертання; 4) обертового моменту, а також 5) перетворювач інформації – 64-канальний осцилограф засобу паралельної діагностики "Автосканер" від Open System; 6) персональний комп'ютер.

Всі вимірювальні модулі комплексу розміщені на крос-платі з допомогою контактних роз'ємів. Вихідні сигнали з вимірювальних модулів поступають на модуль мікроконтролера та індикації й паралельно виводяться на вхід USB осцилографа для подальшого опрацювання та відображення інформації на персональному комп'ютері.

Конструктивно вимірювально-інформаційна система контролю (ВІСК) роботи двигуна виконана в пластмасовому корпусі, на передній панелі якого розташовані органи керування та індикації. На задній панелі розміщені вхідні роз'єми сенсорів та вихідний роз'єм для USB осцилографа. Загальний вигляд передньої та задньої панелей ВІСК зображений на рис. 2.

Модуль вимірювання температури гільзи двигуна. Для вимірювання температури зовнішньої поверхні гільзи двигуна, що може досягати 200°C, обрано платиновий терморезистор типу РТ100-20Х6-2М, з діапазоном вимірювання від -30 до +500°C. Зовнішній вигляд платинового терморезистора показано на рис. 3.

Основні характеристики датчика РТ100-20Х6-2М:

- опір 100 Ом при $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- зовнішні розміри $\text{Ø}6 \times 20\text{ мм}$;
- під'єднання – дрiт 2 м;
- похибка термоперетворювача – клас В, не більше $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- робоча температура від -30 до +500°C.

Для забезпечення захисту від механічних та фізичних пошкоджень платиновий терморезистор встановлюється в захисну термогільзу, яка розміщена в боковій поверхні блоку циліндрів, та забезпечує тепловий контакт безпосередньо з гільзою циліндра. Зовнішній вигляд

захисної термогільзи показаний на рис. 4. Для забезпечення якісного теплового контакту терморезистора з торцем захисної гільзи, застосовано термопровідну пасту SILARM-81, якою заповнено внутрішній об'єм захисної гільзи.

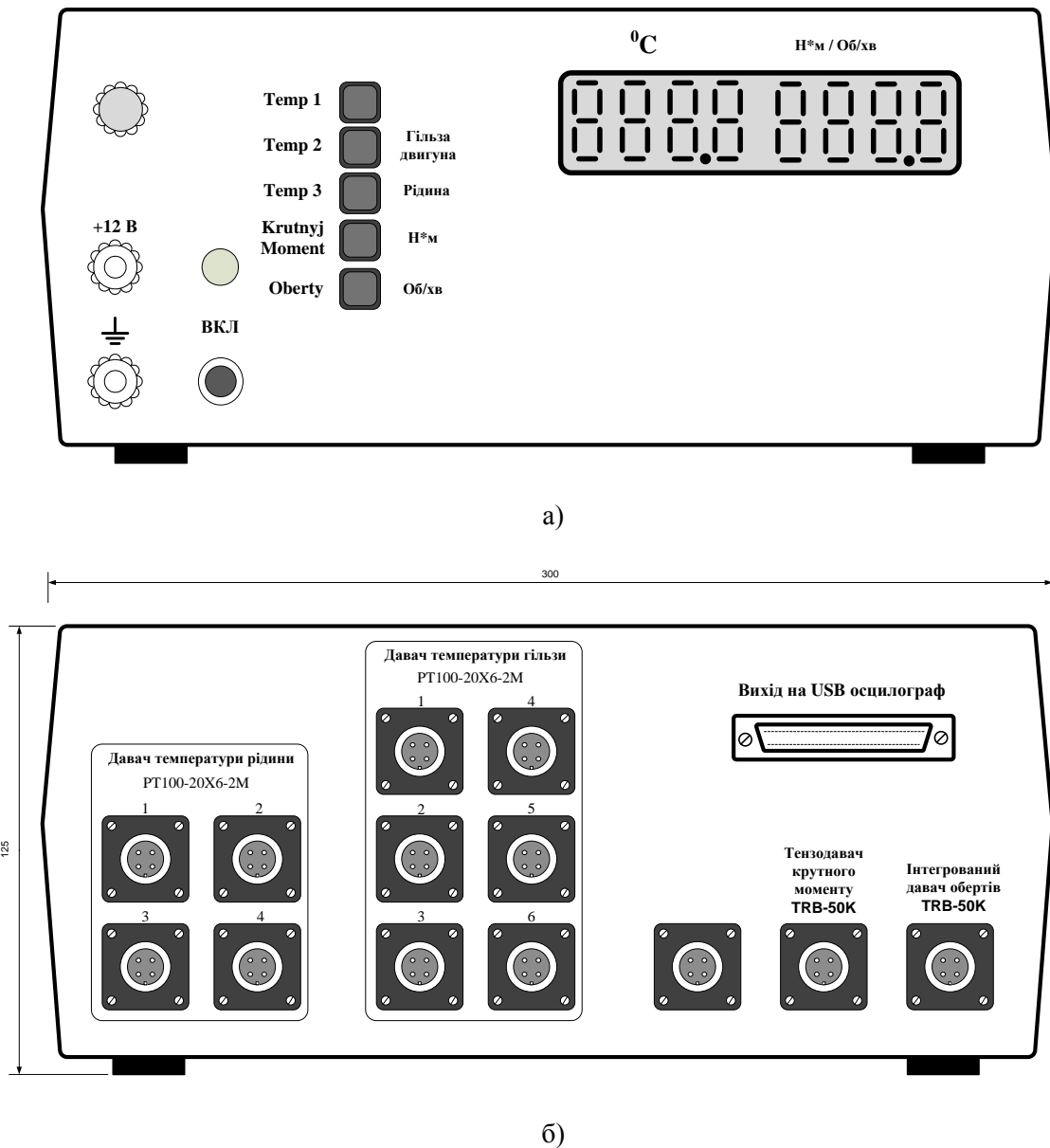


Рис. 2. Загальний вигляд передньої (а) та задньої (б) панелей вимірювально-інформаційної системи контролю роботи двигуна.



Рис. 3. Зовнішній вигляд платинового терморезистора RT100-20X6-2M.
©Г.С.Гудз, М. В. Глобчак, О.Й.Коцюмбас, О.Р.Клипка



Рис. 4. Зовнішній вигляд захисної термогільзи для платинового терморезистора РТ100-20Х6-2М.

Контроль температури поверхні гільзи двигуна проводиться на двох сусідніх (середніх) гільзах блоку циліндрів в трьох точках.

Номинальна статична характеристика датчика температури відповідає типу Pt100, температурний коефіцієнт опору якого становить $W_{100}=1,385$ (значення опору при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 100 Ом, а при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 138,5 Ом).

Електрична схема модуля вимірювання температури гільзи двигуна в одній точці показана на рис. 5. Залежність вихідного сигналу від температури гільзи показана на рис. 6. Перетворювач «температура – напруга» реалізований за мостовою схемою на основі інструментального підсилювача U6 (типу LT1101) з коефіцієнтом підсилення 100. Вихідний сигнал 0–5 В відповідає зміні температури 0–500 $^{\circ}\text{C}$; похибка вимірювання температури складає $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (обмежена температурними характеристиками елементів мостової схеми).

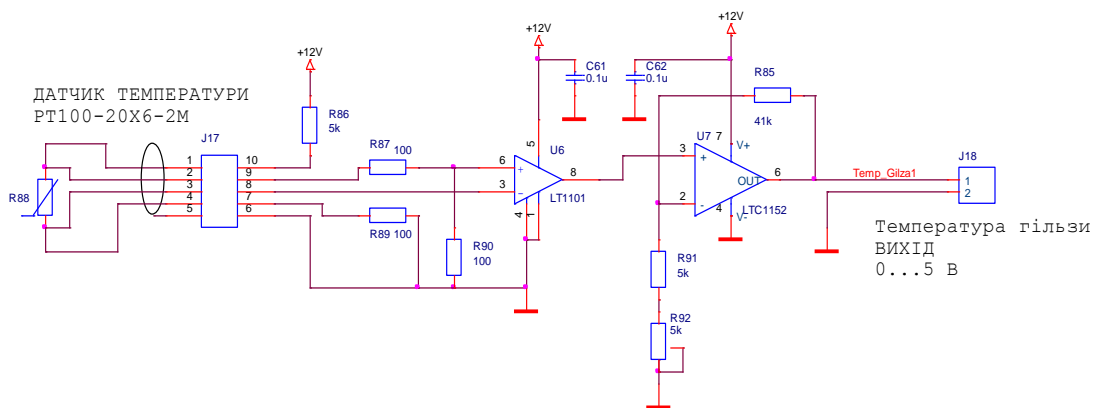


Рис. 5. Електрична схема модуля вимірювання температури гільзи двигуна.

Модуль вимірювання температури охолоджувальної рідини двигуна. Контроль температури охолоджувальної рідини двигуна проводиться аналогічно контролю температури гільз двигуна. Захисна термогільза термоперетворювача РТ100-20Х6-2М також встановлюється у боковій поверхні блоку циліндрів двигуна таким чином, щоб забезпечити тепловий контакт безпосередньо з охолоджувальною рідиною.

Контроль температури охолоджувальної рідини двигуна проводиться в чотирьох точках у блоці циліндрів.

Номинальна статична характеристика датчика температури відповідає типу Pt100, температурний коефіцієнт опору якого становить $W_{100}=1,385$ (значення опору при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 100 Ом, а при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 138,5 Ом).

Електрична схема модуля вимірювання температури охолоджувальної рідини двигуна в одній точці показана на рис. 7. Тарування вихідного сигналу від температури рідини показано на рис. 8. Перетворювач «температура – напруга» реалізований за мостовою схемою на основі

інструментального підсилювача U12 (типу LT1101) з коефіцієнтом підсилення 50. Вихідний сигнал 0–5 В відповідає зміні температури 0–250 °С; похибка вимірювання температури становить $\pm 0,5$ °С (обмежена температурними характеристиками елементів мостової схеми).

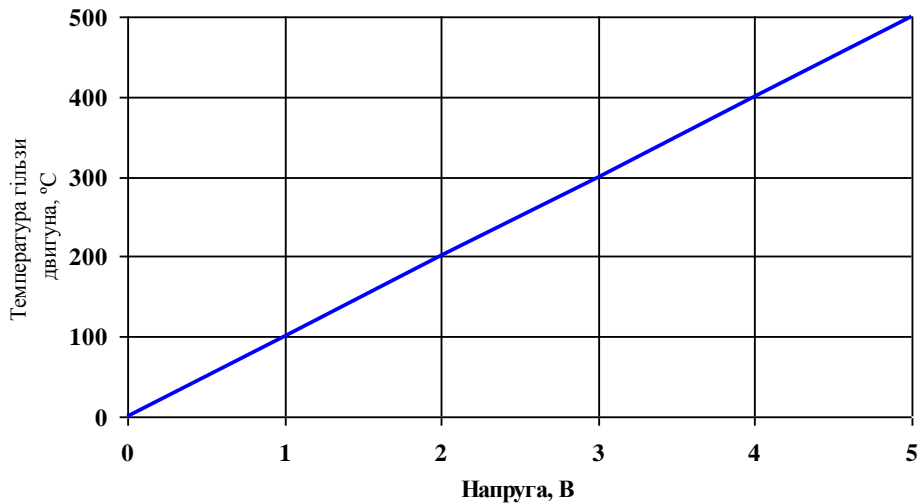


Рис. 6. Залежність вихідного сигналу напруги від температури гільзи двигуна.

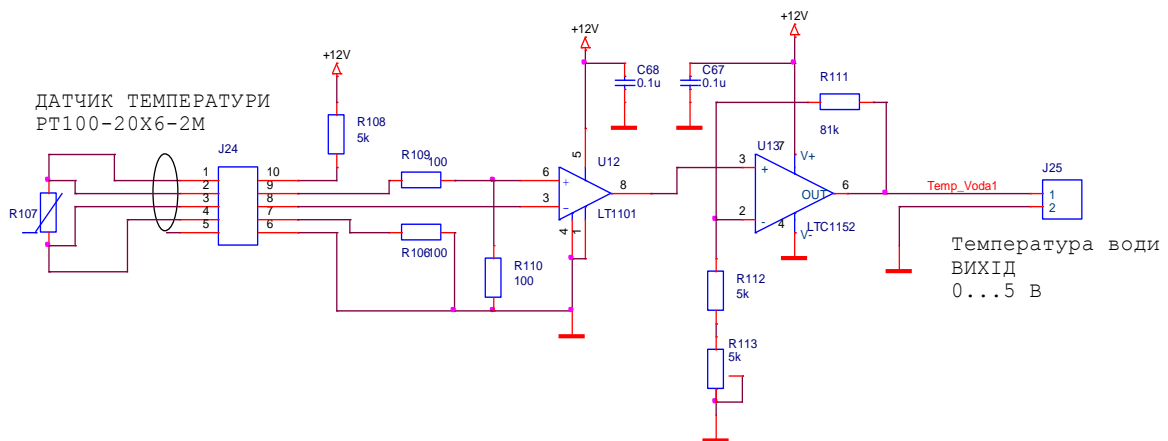


Рис. 7. Електрична схема модуля вимірювання температури охолоджувальної рідини двигуна.

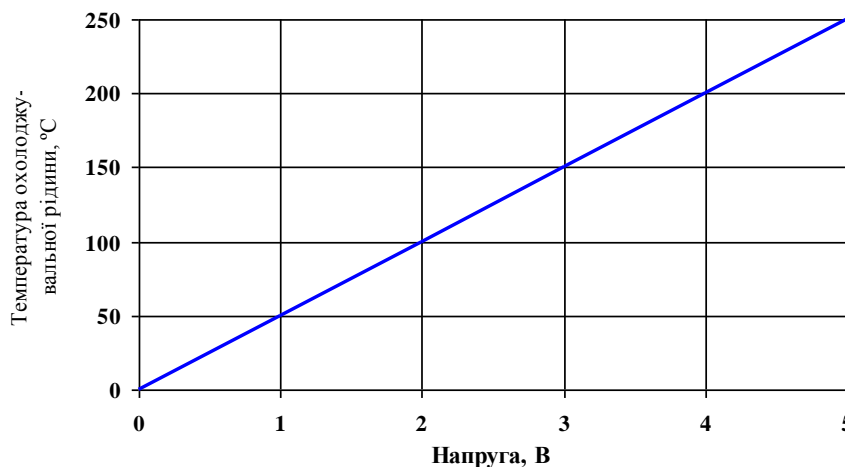


Рис. 8. Залежність вихідного сигналу напруги від температури охолоджувальної рідини двигуна.

В даний час решта модулів вимірювального комплексу опрацьовуються.

Висновки

1. Розроблено оригінальний вимірювальний комплекс для дослідження теплового стану середовища "гільза-охолодник" ДВЗ, побудованого за модульним принципом.
2. Охарактеризовано модулі вимірювання температур гільзи та охолодника ДВЗ, як найголовніші у розробленому комплексі.

Перспективи подальших розвідок. З допомогою описаного вимірювального комплексу буде проведено дослідження теплового стану середовища "гільза-охолодник", що необхідно для оцінювання граничних умов 3-го роду при розв'язку зворотної задачі теплопровідності комп'ютерним моделюванням.

1. Мацевитый Ю. М. Обратные задачи теплопроводности: Монография, Том 2 / Ю. М. Мацевитый — К.: Наукова думка, 2003. — 392 с.
2. Сиволапов В. А. Исследование процессов теплопередачи в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания / В. А. Сиволапов, А. Г. Тарапон // 36. наук. пр. ШМЕ НАНУ ім. Г. С. Пухова: Моделювання та інформаційні технології. — К., 2000. — Вип. 3. — С. 10–15.
3. Гудз Г. С. Дослідження закономірностей розподілу температурних полів у автомобільних гільзах циліндрів / Г. С. Гудз, М. В. Глобчак, О. Й. Коцюмбас // Вісті автомобільно- дорожнього інституту ДонНТУ. — Горлівка, 2009. — № 1 (8). — С. 126–130.
4. Гудз Г. С. Визначення динаміки теплового стану гільзи циліндрів і охолодника за номінальної потужності автомобільного двигуна / Г. С. Гудз, М. В. Глобчак, О. Й. Коцюмбас // Вестник Харьковского национального автомобильно- дорожного университета. — Харьков, 2010. — Выпуск 51. — С. 180–183.
5. Гудз Г. С. Експериментальні дослідження теплових режимів гільзи циліндрів та охолодника ДВЗ / Г. С. Гудз, М. В. Глобчак, О. Й. Коцюмбас, О. Р. Клипка // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету. — Луцьк, 2012. — Вип. 36. — С. 73–77.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014

УДК 629.3.017

В.М.Дембіцький, О.П.Сітовський, Ю.В.Булік, М.А.Демидюк
ДП "Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства"
Луцький національний технічний університет
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ З
РЕКУПЕРАЦІЄЮ ЕНЕРГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ОБЛАДНАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Проведено математичне моделювання процесу електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортного засобу, обладнаного електроприводом. Здійснено теоретичне дослідження процесу та співставлено результати теоретичного та практичного досліджень.

Ключові слова: електродинамічне гальмування, рекуперація енергії, робота, швидкість, сповільнення.

Рис 4. Табл 1. Форм 17.

В.Н.Дембицкий, О.Ф.Ситовский, Ю.В.Булик, Н.А.Демидюк
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО
ТОРМОЖЕНИЯ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА,
ОБОРУДОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Проведено математическое моделирование процесса электродинамического торможения с рекуперацией энергии транспортного средства, оборудованного электроприводом. Осуществлено теоретическое исследование процесса и сопоставлены результаты теоретического и практического исследований.

Ключевые слова: электродинамическое торможение, рекуперация энергии, работа, скорость, замедление.

V.Dembitskyj, O.Sitovskyj, Y.Bulik, M.Demidyuk
MATHEMATICAL MODEL OF BRAKING WITH ENERGY RECUPERATION OF VEHICLES
EQUIPPED AN ELECTRIC DRIVE

Made mathematical modeling process electrodynamic braking with energy recuperation vehicle equipped an electric drive. Performed theoretical research process and compares the results of theoretical and practical research.

Key words: electrodynamic braking, energy recuperation, work, speed, deceleration.

Вступ. В умовах сьогодення автомобілебудівна галузь переживає досить великі зміни. Одним з напрямків, який спрямований на покращення паливної економічності автомобілів та екологічної ситуації в світі є створення конструкції автомобілів на альтернативних видах палива. В цей сектор входять також транспортні засоби, обладнані електричним приводом: електромобілі т гібридні автомобілі. Вже неодноразово доведено їх переваги, в плані економічності та екологічності, перед автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння [1, 2]. Крім того у більшості країн світу, з метою заохочення населення до придбання та експлуатації транспортних засобів з електроприводом, на законодавчому рівні встановлено певні пріоритети: скасовуються мита, безкоштовне паркування, безкоштовний прокат і т.п. [3, 4]. Тому сьогодні все частіше можна зустріти такі автомобілі на дорогах, в тому числі українських.

Аналіз досліджень. Більшість існуючих конструкцій транспортних засобів, обладнаних електричним приводом, обладнуються системами рекуперації енергії. Система рекуперації енергії перетворює кінетичну енергію, яка виділяється в процесі електродинамічного гальмування, у електричну та дозволяє її накопичувати для подальшого використання. Системи рекуперації енергії у транспорті вже давно досить активно застосовуються на залізничному транспорті, тролейбусах, трамвайних вагонах [5]. На сьогодні ці системи активно досліджуються та вдосконалюються [6, 7]. Однак її застосування у автомобілях пов'язане з певними проблемами, основна з яких – відсутність контактної мережі, куди можна практично постійно віддавати електричний струм, потребує встановлення накопичувачів енергії, які можуть досить швидко спожити увесь рекуперований струм. Цими проблемами активно займаються провідні як світові [8, 9] так і українські [10, 11] науковці. Однак необхідно пам'ятати, що система рекуперації енергії напряму пов'язана з гальмівною системою транспортного засобу, хоча і не має фізичного зв'язку. Процес рекуперації енергії починається у момент коли водій задіює відповідний орган керування, тоді здійснюється сповільнення руху автомобіля, електродвигун переходить з тягового режиму в режим генератора та починає рекуперувати електроенергію. Цей процес називається

©В.М. Дембіцький, О.П. Сітовський, Ю.В. Булік, М.А. Демидюк

електродинамічним гальмуванням або гальмуванням з рекуперацією енергії [12]. Тому властивості системи рекуперації енергії повинні розглядатися лише в комплексі з гальмівними властивостями транспортного засобу.

Метою дослідження є створення математичної моделі процесу електродинамічного гальмування транспортного засобу, обладнаного електроприводом та системою рекуперації енергії.

Для досягнення поставленої мети варто скористатися залежностями, які описують процес гальмування транспортного засобу через виконання певної роботи.

Під час електродинамічного гальмування системами автомобіля виконується:

- робота, яка здійснюється під час електродинамічного гальмування транспортного засобу, A_{ϕ} ;
- робота, яка здійснюється накопичувачами енергії при поглинанні рекуперованої енергії, $A_{н}$;
- вивільнення кінетичної енергії автомобіля, під час електродинамічного гальмування, $A_{к}$;

$$\begin{aligned} A_{\tau} &= P_j S; \\ A_{н} &= U I t; \\ A_{к} &= \frac{m_a v^2}{2}. \end{aligned} \quad (1)$$

де P_j – сила інерції автомобіля, Н;
 v – швидкість транспортного засобу, м/с;
 m_a – маса автомобіля, кг;
 S – пройдений шлях, м;
 U – напруга накопичувачів, В;
 I – сила струму, А;
 t – час, с
 Сила інерції автомобіля визначається:

$$P_j = m_a j \quad (2)$$

де $j = \frac{dv}{dt}$ – сповільнення автомобіля, м/с².

Сповільнення автомобіля визначається:

$$j = \frac{D_{\tau e} + \psi}{\delta_{об}} g \quad (3)$$

де $D_{\tau e}$ – гальмівний динамічний фактор автомобіля для випадку електрогальмування;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 $\delta_{об}$ – коефіцієнт врахування обертових мас автомобіля;
 ψ – сумарний опір дороги.

$$D_{\tau e} = \frac{P_{\tau e} + P_w}{G_a} \quad (4)$$

де P_w – сила опору повітря;

$P_{\tau e}$ – гальмівна сила електричного складника автомобіля;

Гальмівна сила автомобіля, під час здійснення електродинамічного гальмування становитиме:

$$P_{\tau e} = \frac{M_{ke} u_{\text{тре}}}{r_k \eta_{\text{тр}}} = \frac{30 U I u_{\text{тре}}}{r_k \eta_{\text{тр}} \pi n} \quad (5)$$

де M_{ke} – крутний момент електродвигуна;

$u_{\text{тре}}$ – передатне число трансмісії для електроприводу;

r_k – радіус кочення колеса, м;

n – оберти електродвигуна, хв^{-1} ;

$\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Коефіцієнт корисної дії трансмісії $\eta_{\text{тр}}$, у випадку транспортних засобів обладнаних електроприводом, враховуючи, що досліджуються система електродинамічного гальмування, матиме два складники: електричний $\eta_{\text{тре}}$ та механічний $\eta_{\text{трм}}$, та визначатиметься за залежністю:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{тре}} \cdot \eta_{\text{трм}}$$

Крутний момент електродвигуна визначається залежністю (6)

$$M_{ke} = \frac{30 \cdot N_{ed}}{\pi \cdot n} = \frac{30 U I}{\pi n}; \quad (6)$$

де, N_{ed} – потужність електродвигуна, яка визначається залежністю (7) та залежить від напруги U та сили струму I :

$$N_{ed} = U \cdot I; \quad (7)$$

З іншої сторони сила струму залежить від характеристик двигуна. В нашому випадку (для генератора Г-290):

$$I = 0,00003n^2 + 0.3n - 382 \quad (8)$$

або, для загального випадку

$$I = an^2 + vn + c \quad (9)$$

де, a , v , c – коефіцієнти, які визначають характеристику електродвигуна в режимі генератора.

Оберти електродвигуна можна виразити через швидкість руху автомобіля

$$n = \frac{30 \cdot v \cdot u_{\text{тре}}}{\pi \cdot r_k} \quad (10)$$

Підставивши у (5) залежності (9) та (10) отримаємо

$$\begin{aligned}
 P_{\tau e} &= \frac{30Uu_{\text{тре}}}{r_k \eta_{\text{тр}} \pi n} = \frac{30Uu_{\text{тре}}(an^2 + \nu n + c)}{r_k \eta_{\text{тр}} \pi n} = \frac{30Uu_{\text{тре}} \left(a \left(\frac{30\nu u_{\text{тре}}}{r_k \pi} \right)^2 + \nu \frac{30\nu u_{\text{тре}}}{r_k \pi} + c \right)}{r_k \eta_{\text{тр}} \pi \frac{30\nu u_{\text{тре}}}{r_k \pi}} = \\
 &= \frac{30Uu_{\text{тре}} \left(a \left(\frac{30\nu u_{\text{тре}}}{r_k \pi} \right)^2 + \nu \frac{30\nu u_{\text{тре}}}{r_k \pi} + c \right)}{r_k \eta_{\text{тр}} \pi \frac{30\nu u_{\text{тре}}}{r_k \pi}} = \frac{U \left(900a u_{\text{тре}}^2 \nu^2 + 30b \pi u_{\text{тре}} r_k \nu + c \pi^2 r_k^2 \right)}{\pi^2 r_k^2 \eta_{\text{тр}} \nu}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Оскільки,

$$j = \frac{g \cdot P_{\tau e}}{G_a} \tag{12}$$

Однак в даному випадку необхідно зауважити, що рівняння (12) матиме сенс після прийняття умов, які дещо спростять та полегшать вирішення поставленої задачі на даному етапі:

- транспортний засіб рухається по горизонтальній ділянці дороги;
- розглядається лише міський режим руху транспортного засобу, дорожнє покриття перебуває у нормальному стані, тому приймається $\mu = 0$;
- коефіцієнт врахування обертових мас приймається рівним $\mu_{\text{об}} = 1$.

То підставивши (11) у (12) а потім у (2), отримаємо

$$P_j = \frac{U \left(900a u_{\text{тре}}^2 \nu^2 + 30b \pi u_{\text{тре}} r_k \nu + c \pi^2 r_k^2 \right)}{\pi^2 r_k^2 \eta_{\text{тр}} \nu} \tag{13}$$

Враховуючи залежності (13) та (1), робота, яка здійснюється силами гальмування буде рівна:

$$A_{\tau} = \frac{U \left(900a u_{\text{тре}}^2 \nu^2 + 30b \pi u_{\text{тре}} r_k \nu + c \pi^2 r_k^2 \right)}{\pi^2 r_k^2 \eta_{\text{тр}} \nu} \cdot S \tag{14}$$

З іншої сторони, пройдений шлях транспортного засобу визначається як

$$S = \int_{t_n}^{t_k} v dt \tag{15}$$

де, t_n – час початку електродинамічного гальмування, с;

t_k – час закінчення гальмування, с.

Враховуючи (15), рівняння (1) можна представити наступному вигляді:

$$A_{\tau} = P_j \int_{t_n}^{t_k} v dt \tag{16}$$

Таблиця 1.

Результати розрахунку ступеня початкової зарядки накопичувачів енергії транспортного засобу.

Найменування параметру	Позначення	Одиниці вимірювання	Фактичні дані
Вхідні дані			
Маса автомобіля	m_a	кг	550
Робоча напруга	U	В	48
Максимальна швидкість руху перед електрогальмуванням	v	км/год	70
ККД трансмісії	$\eta_{трм}$	-	0,9
ККД електродвигуна	$\eta_{тре}$	-	0,8
ККД загальний	$\eta_{тр}$	-	0,72
Потужність електродвигуна	N_e	Вт	4800
Радіус кочення колеса	r_k	м	0,3
Передатне число трансмісії	$u_{тре}$	-	5,5

Підставивши (14) у (16) та про інтегрувавши вираз по часу, отримано залежність, яка характеризує роботу транспортного засобу, виконану під час електродинамічного гальмування:

$$\begin{aligned}
 A_r &= \frac{U \left(900 a u_{тре}^2 v^2 + 30 b \pi u_{тре} r_k v + c \pi^2 r_k^2 \right)}{\pi^2 r_k^2 \eta_{тр}} \int_{t_n}^{t_k} v dt = \\
 &= \frac{U \left(900 a u_{тре}^2 v^2 + 30 b \pi u_{тре} r_k v + c \pi^2 r_k^2 \right)}{\pi^2 r_k^2 \eta_{тр}} \int_{t_n}^{t_k} dt = \\
 &= \frac{U \left(900 a u_{тре}^2 v^2 + 30 b \pi u_{тре} r_k v + c \pi^2 r_k^2 \right)}{\pi^2 r_k^2 \eta_{тр}} (t_k - t_n)
 \end{aligned} \tag{17}$$

Вищеописана математична модель дозволяє провести ряд досліджень, пов'язаних з процесами електродинамічного гальмування транспортного засобу.

Для макету легкового автомобіля з гібридною силовою установкою, характеристики якого зазначені у таблиці 1, процес електродинамічного гальмування можна описати графіками, наведеними на рисунках 1, 2 та 3.

Описана математична модель процесу електродинамічного гальмування дає можливість проводити дослідження ряду конструктивних та експлуатаційних властивостей та характеристик транспортних засобів:

- підбір оптимального передатного числа;
- вибір характеристик електроприводу;
- вибір електродвигуна;
- підбір накопичувачів енергії, для досягнення оптимального співвідношення між їх вартістю та техніко-економічними показниками транспортного засобу.

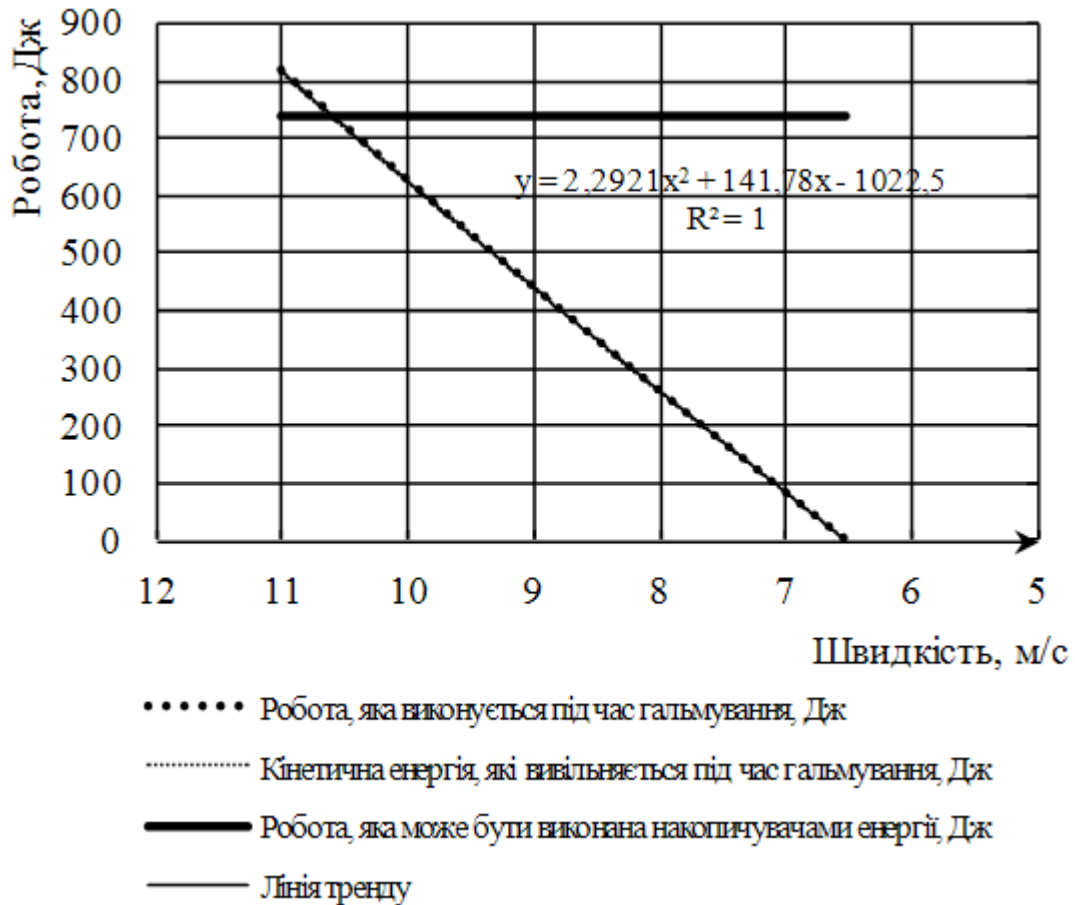


Рис. 1. Робота, яка виконується під час здійснення електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортного засобу з електричним приводом

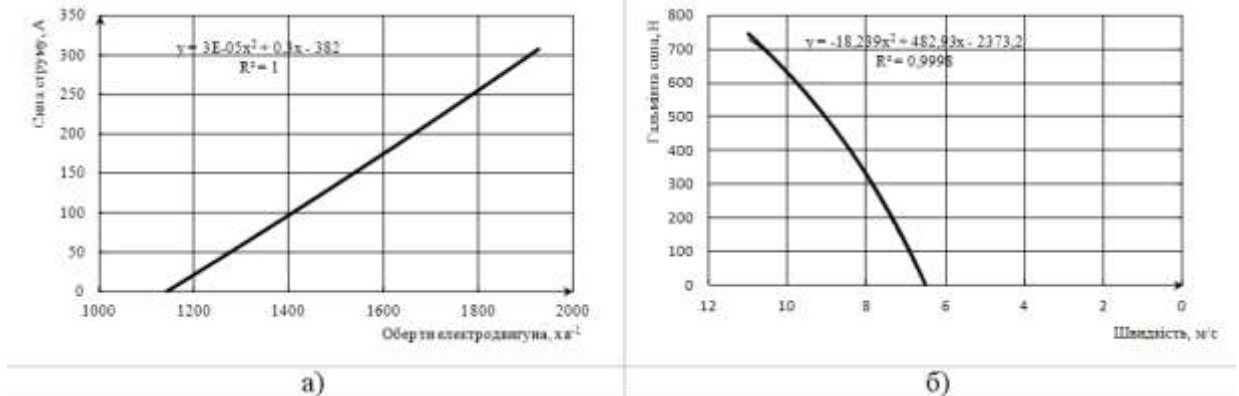


Рис. 2. Залежності, які характеризують процес, електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії, автомобіля, обладнаного електроприводом:

- а) зміна сили струму електродвигуна (генератора) залежно від його обертів;
- б) характер зміни гальмівної сили залежно від зміни швидкості;

Крім того дана математична модель може бути застосована, як основа, для системи управління тяговими електричними двигунами автомобілів.

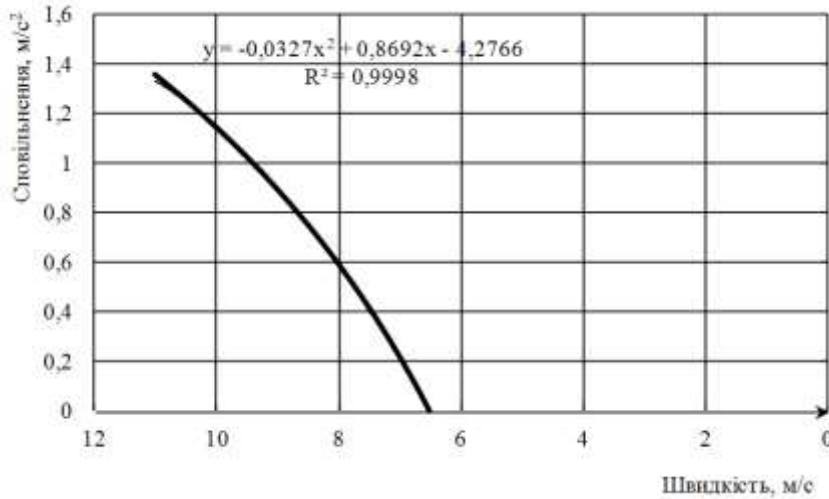


Рис. 3. Характер зміни сповільнення зі зменшенням швидкості транспортного засобу, які характеризують процес, електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії, автомобіля, обладнаного електроприводом.

За створеною математичною моделлю було також проведено моделювання процесу електродинамічного гальмування тролейбуса "Богдан" Т 60110. На рисунку 3 наведено залежність зміни сповільнення від швидкості тролейбуса за результатами теоретичного розрахунку та результатами фактичних випробувань.

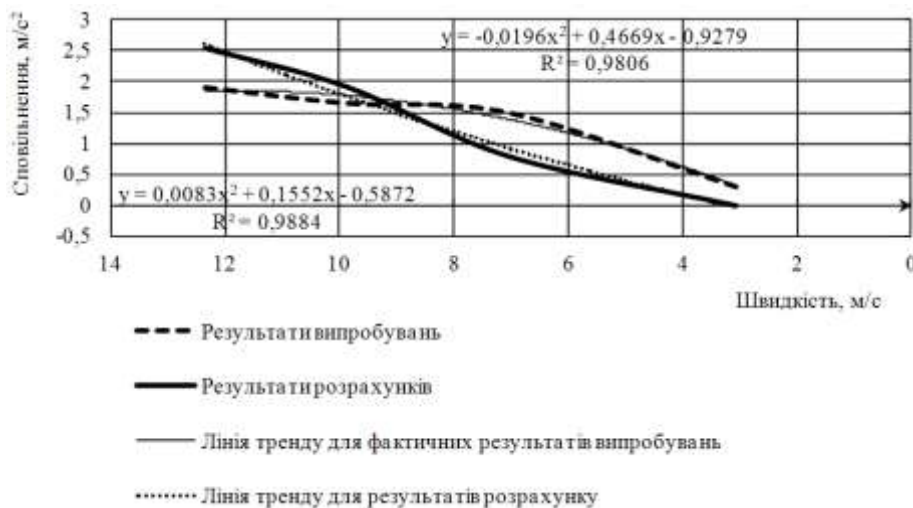


Рис. 4. Результати розрахунків та випробувань системи електродинамічного гальмування тролейбуса "Богдан" Т 60110.

З рисунка 4 видно, що теоретичні та фактичні результати випробувань збіжні, однак необхідно врахувати те, що випробування тролейбуса проводилися з метою визначення ефективності системи електродинамічного гальмування та не мали на меті доведення адекватності описаної математичної моделі, а також те, що зазначена модель не враховує коректування процесу, які здійснюються системою управління тяговим двигуном. Разом з тим проведене дослідження дає можливість стверджувати, що після розробки відповідної методики випробувань та власне проведення випробувань їх результати перебуватимуть у межах допустимих відхилень.

Висновки за результатами проведеного дослідження:

- створено математичну модель процесу електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортного засобу, обладнаного електродвигуном;
- проведено теоретичні дослідження цього процесу для макету легкового автомобіля з гібридною силовою установкою;

©В.М. Дембіцький, О.П. Сітовський, Ю.В. Булік, М.А. Демидюк

- проведено порівняння теоретичних розрахунків та результатів випробувань дає можливість проводити подальші роботи по створенню методики випробувань (експерименту) та подальшого підтвердження адекватності математичної моделі.

Отримані результати можуть бути застосовані з метою подальших досліджень процесу електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортних засобів, обладнаних електроприводом, визначення їх конструктивних та експлуатаційних характеристик.

1. Крячко А. Электромобиль – будущее или уже настоящее [Электронный ресурс] / А. Крячко. – 2013. – Режим доступа: <http://eco-boom.com/elektromobil-budushhee-ili-uzhe-nastoyashhee/>.
2. Розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах / О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, А. О. Смирнова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 29 (1002). – С. 114–119.
3. Мерия Парижа сделала бесплатным прокат электромобилей [Электронный ресурс] / 2014. – Режим доступа: <http://novosti-n.org/ukraine/read/62234.html>.
4. До 2025 року США планують збільшити кількість електромобілів до 3,3 млн. / 2013. - Режим доступу: <http://ua-energy.org/post/38179>.
5. Ефремов И.С. Троллейбусы (теория, конструкция и расчёт) издание третье, исправленное и дополненное. – Москва: Высшая школа, 1989. – 488 с.
6. Ноженко О. С. Підвищення енергетичної ефективності тепловоза активацією робочих середовищ: автореф. дис. на здобуття наукового ст. канд. техн. наук : спец. 05.22.07 “”Рухомий склад залізниць та тяга поїздів / О. С. Ноженко; Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. — Луганськ, 2010. — 19 с.
7. Устименко Д.В. Підвищення ефективності тяги поїздів шляхом удосконалення системи рекуперативного гальмування: автореф. дис. на здобуття наукового ст. канд. техн. наук : спец. 05.22.07 “”Рухомий склад залізниць та тяга поїздів / Д.В. Устименко; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. В.Лазаряна. — Д., 2006. — 25 с.
8. Guido Wager. Efficiency and performance testing of electric vehicles and the potential energy recovery of their electrical regenerative braking systems: PEC624 M.Sc. Renewable Energy Dissertation / Wager Guido. – Murdoch University, 2012. – 59 p.
9. Muhammad H. Rashid / Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles. Fundamentals, theory and design. Second edition/ Muhammad H. Rashid // University of West Florida, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business, 2010. – 558 p.
10. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 327 с.
11. Серіков С.А. Управление вектором тока тягового вен тильного электродвигателя силовой установки гибридноавтомобиля: Сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2009. –Выпуск 25. – С. 127-133.
12. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в отношении торможения: Правила ЕЭК ООН №13-Н. - [Введены в действие 04.10.2011]. – Женева.: Европейская Экономическая комиссия Организации Объединенных наций, 2011. – 118 с.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014

УДК 629.017

М.В.Дячук
РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ГАЛЬМІВНОГО КРАНУ
EBS ЕЛЕКТРОННО-ПНЕВМАТИЧНОЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ
ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Розглядаються питання побудови динамічної моделі гальмівного крану EBS засобами середовищ імітаційного моделювання Simulink/Simscare. Запропоновано моделі секцій крану, електричного блоку, виконано тестування функціональності гальмівного крану та його робочого процесу, порівняні отримані характеристики з базовими за технічною документацією виробника.

Ключові слова: гальмівний кран, EBS, імітаційна модель.

Рис. 10. Літ 5.

М.В.Дячук
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТОРМОЗНОГО КРАНА EBS
ЭЛЕКТРОННО-ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ

Рассматриваются вопросы построение динамической модели тормозного крана EBS средствами среды имитационного моделирования Simulink/Simscare. Предложены модели секций крана, электрического блока, выполнено тестирование функциональности тормозного крана и его рабочего процесса, сравнены полученные характеристики с базовыми по технической документации производителя.

Ключевые слова: тормозной кран, EBS, имитационная модель.

М. Dyachuk
BRAKE CRANE SIMULATION'S DEVELOPMENT OF COMMERCIAL VEHICLES'
EBS BRAKING SYSTEM

The questions of EBS braking crane simulation by means of Simulink/Simscare environment are considered. The problem of EBS braking crane's simulation's development consists in the necessity of its integration and concordance with the other models of vehicle's pneumatic devices that form automatically controlled system. That is, the crane must be able to execute both modes such as electronic control and emergency pneumatic. In addition, the improvement of electronic brake system's control algorithms is detached scientifically-applied task.

The research aim is methodological and consists in general approaches development of modern mechatronics devices' design in automotive industry, and also, actually, in development of braking crane's universal model for the further usage in simulation models of EBS system's composition.

The crane's simulation is executed for case of EuroEBS braking system of truck DAF XF95. Due to the submitted technical parameters of WABCO company's braking crane is possible parameterization, in accordance to the regulated values.

The models of crane's sections, electric unit are proposed, testing of crane's functionality and its working process is executed, comparison of obtained characteristics with manufacturer's corresponding technical documentation was done.

The results of simulations demonstrate highly accurate concurrences of crane's basic descriptions and by simulation model. It is necessary to take into account circumstance that every base block, from which structural elements consist, has a few parameters. It leads, in turn, to the multiparametrical model, that, in case of lacking technical data, it is very difficult to reconcile subsystems among themselves. Nevertheless, the results confirm not only quality of structural composition of crane's sections but also successful parameterization. Thus, can be unified the braking crane's sections' models for the typical vehicles' pneumatic braking systems. The usage of the last will allow to accelerate and to improve engineering in the field of commercial vehicles' braking systems.

Keywords: braking crane, EBS, simulation.

Актуальність. Потенціал сучасних графічно-орієнтованих мов технічного програмування на основі структурного принципу створює умови реалізації наукових та інженерних задач з мінімальними витратами часу на розробки. Привабливість такого підходу полягає як у якісному структурно-ієрархічному візуальному сприйнятті, так і можливості подальших уніфікації, параметризації, компіляції програмних кодів блок-функцій, а головне - використання у СИЛ та ПІЛ рівнях моделювання у реальному масштабі часу. Таким чином, розвиток бібліотек блок-функцій з прикладних задач на основі базових блоків є важливою стратегією розвитку інжинірингу у сфері автомобілебудування.

Вочевидь, розвиток конструкції транспортних засобів(ТЗ) має тенденції кібернетизації та інтелектуалізації. Науковий інтерес спрямовується на алгоритми контролю мехатронних систем ТЗ. Таким чином, задля точного опису та побудови законів керування необхідні високоточні моделі складових елементів конструкції, що становлять на базі систем імітаційного моделювання

інструмент дослідження. Отже, актуальність полягає, насамперед, у розвитку системного методу розробки сучасних мехатронних систем автомобілів.

Постановка задачі. Сучасні гальмівні системи EBS становлять найважливішу складову активної безпеки сучасних вантажних ТЗ, де основним функціональним елементом є електронні контури з мікропроцесорним керуванням. Задачами дослідження є розробка імітаційних моделей механічної, пневматичної, електричної складових гальмівного крану, інтеграція їх в один функціональний вузол та подальше тестування середовищі Simulink/Simscape на відповідність регламентованим характеристикам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробкою пневматичних пристроїв гальмівних систем та аналізом їх робочих процесів інтенсивно займаються на кафедрі автомобілів у ХНАДУ. У роботах [1, 2, 3] удосконалені математичні моделі пневматичних апаратів, висвітлені результати експериментальних досліджень, запропоновані напрямки покращення їх характеристик.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Проблема розробки моделі гальмівного крану EBS полягає у необхідності інтегрування та узгодження її з моделями інших електронно-пневматичних апаратів, що утворюють систему з автоматичним керуванням. Тобто, кран повинний відтворювати як режими електронного керування, так і аварійного пневматичного. Крім того, покращення алгоритмів керування електронними гальмівними системами становить окрему науково-прикладну задачу.

Мета дослідження є методологічною та полягає у розробці загальних підходів моделювання сучасних мехатронних пристроїв автомобільної галузі, а також, власне, у розробці параметричної універсальної моделі гальмівного крану для подальшого використання у складі імітаційних моделей системи EBS [4].

Припущення. Основні припущення стосуються механічної частини, де використовуються лінійні пружно-дисипативні елементи, та пневматичної частини, в якій термальні порти блоків законсервовано адіабатною системою [5]. Останнє не обов'язковим, але дозволяє скоротити теплову задачу там, де це не призводить до суттєвого погіршення якості розрахунків.

Матеріали досліджень. Розглянемо імітаційну модель оцінки функціонування гальмівного крану EBS (рис. 1). Основа моделі – блок гальмівного крану EBS3, до портів якого підключаються пневматичні та електричні елементи. Джерелом пневматичного тиску є блок 2, що видає на виході значення тиску відносно атмосферного, що встановлюється блоком 1 пневматичної атмосферної системи відліку. Однаковий тиск, таким чином, подається до пневматичних портів A1, A2 верхньої та нижньої секцій блоку гальмівного крану 3. Порти блоку 3 "+1" та "+2" є електронними, що видають ШІМ-сигнал коду переміщення педалі гальма. Ці сигнали збираються у блоці CAN шини 8 для подальшої передачі у якості вихідних параметрів через блоки 6, 7 бездротової передачі даних. Сигнал закону зусилля на гальмівній педалі формується у блоці умов 19, а потім бездротовим засобом передається до блоку 4. Після конвертації сигналу в фізичний блоком 5 він надходить до порту F блоку 3. Переміщення педалі можна вивести через порт P, а далі - через конвертор 9 та блок бездротової передачі 10 – до блоку вихідних даних. Пневматичні порти B1, B2 є вихідними відповідно верхньої та нижньої секцій крану.

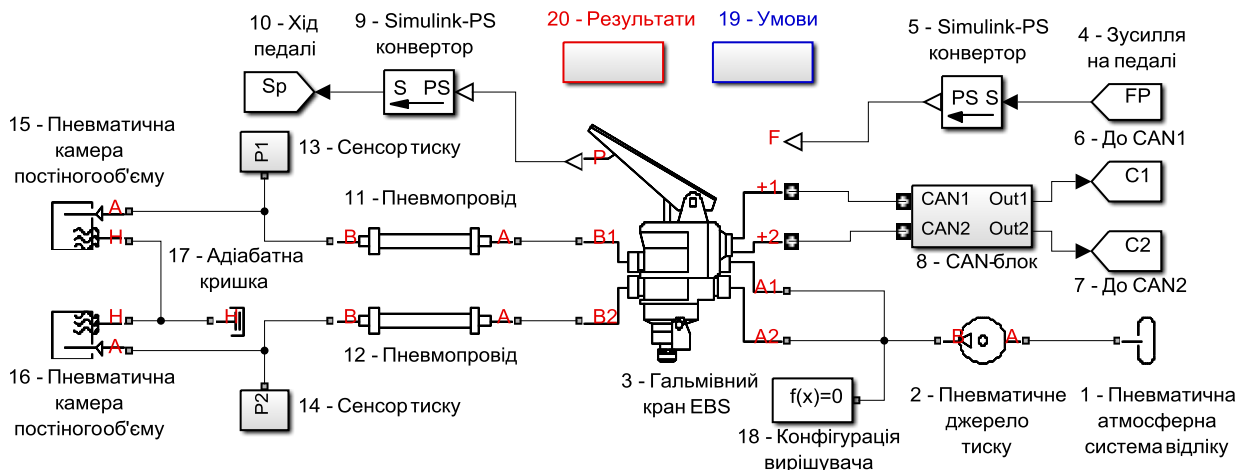


Рис. 1. Simulink/Simscape модель функціонування гальмівного крану EBS.

Розглянемо структурну будову моделі гальмівного крану EBS, яку показано на рис. 2, б. Сигнал зусилля подається до вхідного порту блоку 1 на пружинний блок 3, що забезпечує зрівноваження. У зворотному напрямку через порт блоку 2 можна вивести отриманий хід педалі. Порт **R1** забезпечує механічний зв'язок для передачі переміщення штовхача до блоку сенсору руху 4. Рух штовхача відстежується блоком 4, який перетворює переміщення у електричні сигнали, що транслюються через порти блоків 5, 6 до CAN-шини. З пружинного блоку 3 завдяки механічному зв'язку зусилля передається до поршню верхньої секції 7 крану. Порт **I** секції пов'язаний з портом блоку 8 – впуск 1, до якого подається стисле повітря. Порт **O** – випускає повітря до порту блоку 9 – випуск 1. Нижня секція 10 крану, як бачимо, має як пневматичний привод через отвір порту **P**, так і механічний привод на випадок підклинювання поршню секції через порт **R**. Як бачимо з рис. 2, трубчастий клапан верхньої секції 7 має деякий зазор з трубчастою частиною поршню нижньої секції 10. Порт **I** секції 10 пов'язаний з портом блоку 11 – впуск 2, до якого подається стисле повітря. Порт **O** – випускає повітря до порту блоку 12 – випуск 2.

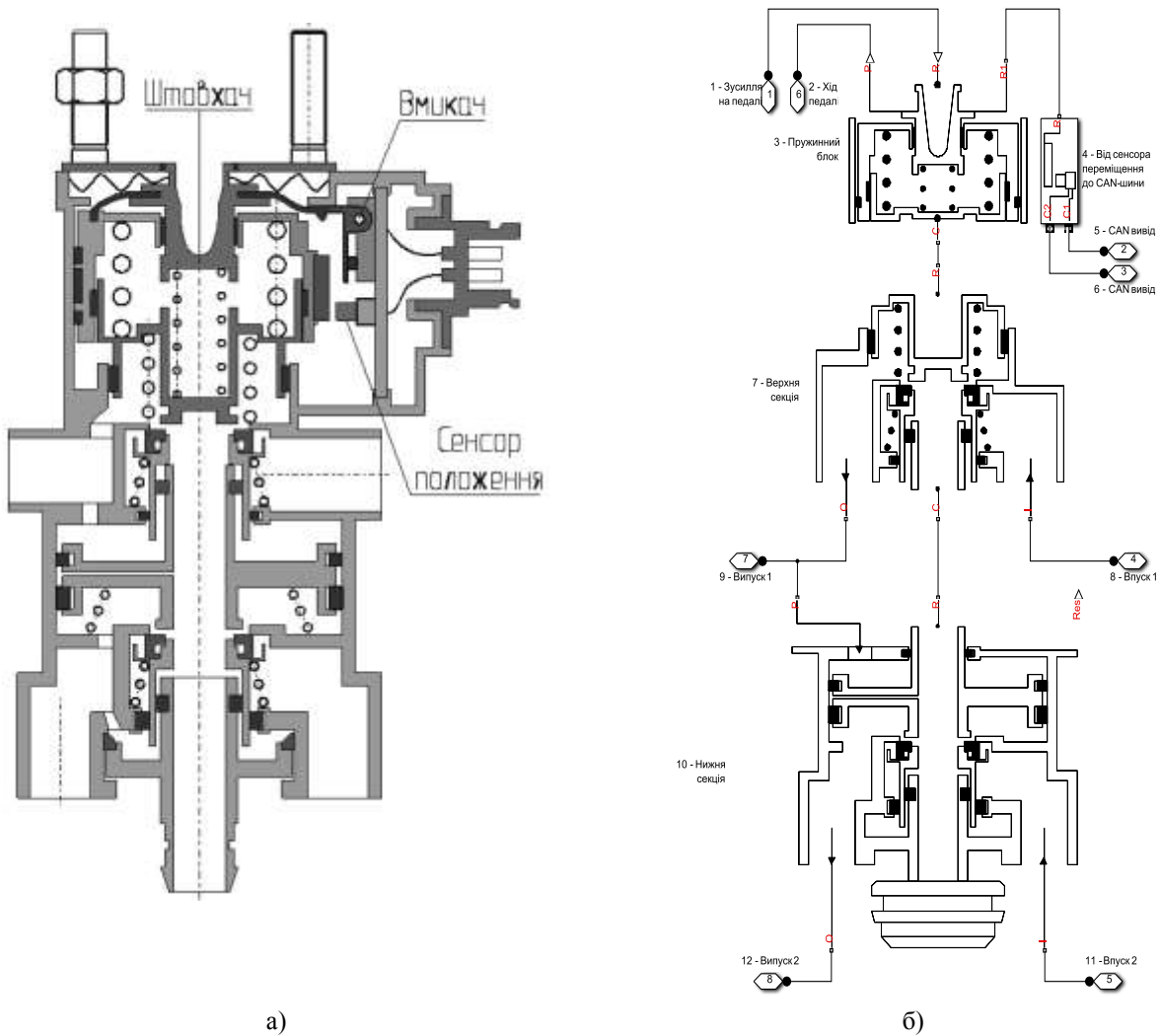


Рис. 2. Гальмівний кран EBS:
 а - загальний вид крану WABCO[4]; б - структурна посеційна Simscape модель.

Привод секцій гальмівного крану відбувається через систему пружно-дисипативних зв'язків, що утворюють блок зрівноважувальних пружин, відповідальних за слідуючу дію пристрою. Такий блок разом із моделлю педального приводу представлений на рис. 3. Закон зусилля на педалі надходить через блок 1 (порт 1) та подається до порту **S** блоку ідеального джерела зусилля 2. Порт **R** блоку 2 пов'язаний з аналогічним портом датчику поступального руху 3, з порту **P** якого через блок 4 можна вивести значення ходу педалі. Механічні поступальні системи відліку 5, 6

уособлюють прив'язку на корпус. Власне педаль імітується блоком 7 – важіль, порт **В** якого шарнірно пов'язаний з блоком 6. Збільшене зусилля від педалі передається на шток через порт **С**. Приведена до штоку маса педалі позначається блоком 11. Між штовхачем та штоком педалі є зазор, значення якого встановлює поступальний жорсткий зупинник 8; поступальна пружина 9 остаточно компенсує положення педалі до початкового стану, а поступальний демпфер 10 гасить контактні коливання. Первинний елемент контакту зі штоком педалі – штовхач, позначений у моделі масою 16. Переміщення уверх штовхача обмежується поступальним жорстким зупинником 15 до упору 17 – механічна поступальна система відліку. Поступальний жорсткий зупинник 14 імітує зазор між пружинним поршнем масою 20 та штовхачем 16. Поступальне тертя 13 здійснює дисипативний зв'язок між цими двома елементами. Рух штовхача відстежується блоком 12. Між поршнем першої секції крану та штовхачем є пружинний зв'язок 19, а також зазор, величина якого встановлюється блоком поступального жорсткого зупинника 18. Пружинний поршень здійснює вплив на поршень першої секції крану через поступальну пружину 24. Між цими деталями існує тертя, що описується блоком 23. Поступальний жорсткий зупинник 25 обмежує зону пропорційної слідкуючої дії крану завдяки блокуванню пружини 24. У той же час пружинний поршень 20 здійснює фрикційний контакт 22 з корпусом 27, а також блоком поступального зупинника 21 обмежується повний хід педалі гальм. Механічне зусилля передається на виході через блок зв'язку 26.

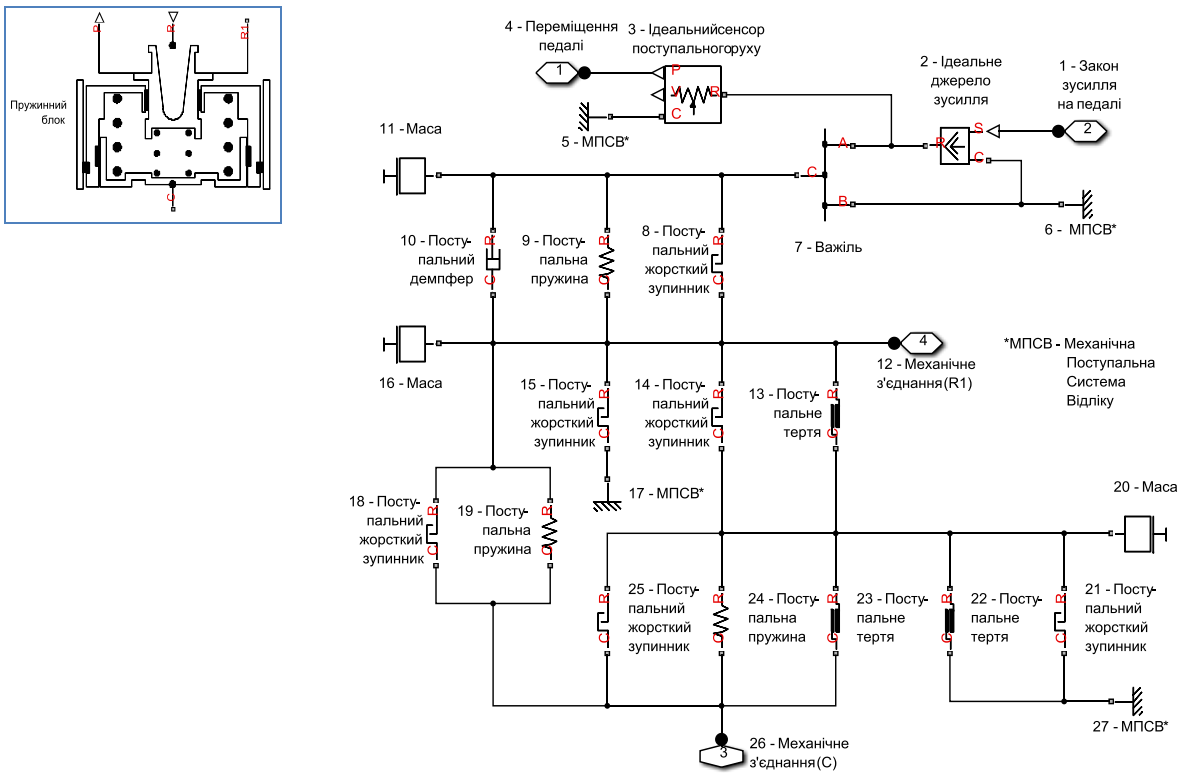


Рис. 3. Simscape модель пружинного блоку гальмівного крану EBS.

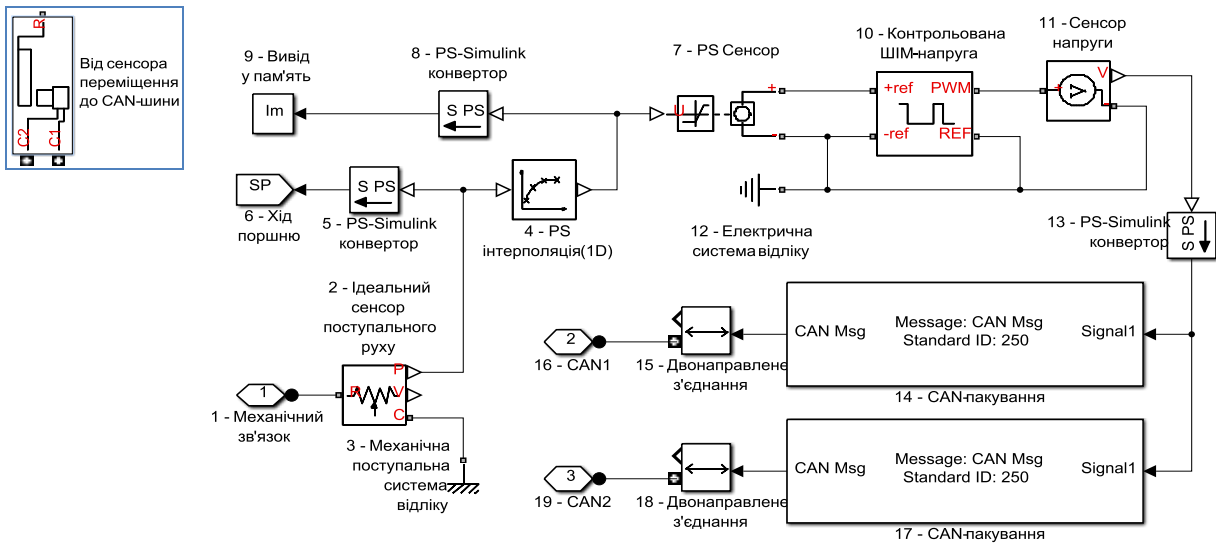


Рис. 4. Simulink/Simscape модель перетворювача сигналу крану EBS.

Розглянемо блок 14 з рис. 2 під маскою детальніше (див. рис. 4). Через порт блоку механічного зв'язку 1 до блоку ідеального сенсора 2 надходить поступальний рух відносно механічної системи відліку 3 (корпус). Фізичний сигнал переміщення штовхача надходить до блоку інтерполяції 4, у той же час сигнал конвертується у віртуальний через блок 5 та через блок 6 бездротової передачі даних передається до вихідних даних. У блоці інтерполяції відповідно до ходу штовхача задається величина, пропорційна вихідній напрузі, яка відтворюється сенсором 7. Сенсор працює в одному електричному колі з електричною системою відліку 12 та з блоком 10 контрольованої ШІМ напруги. Сенсор напруги 11 через конвертор 13 виводить ШІМ сигнал до блоків 14 та 17, де два паралельні сигнали пакуються у CANформат. Блоки дво направлено з'єднання 15 та 18 транлюють сигнали через одну шину та дозволяють утворити CAN контакти 16 та 19.

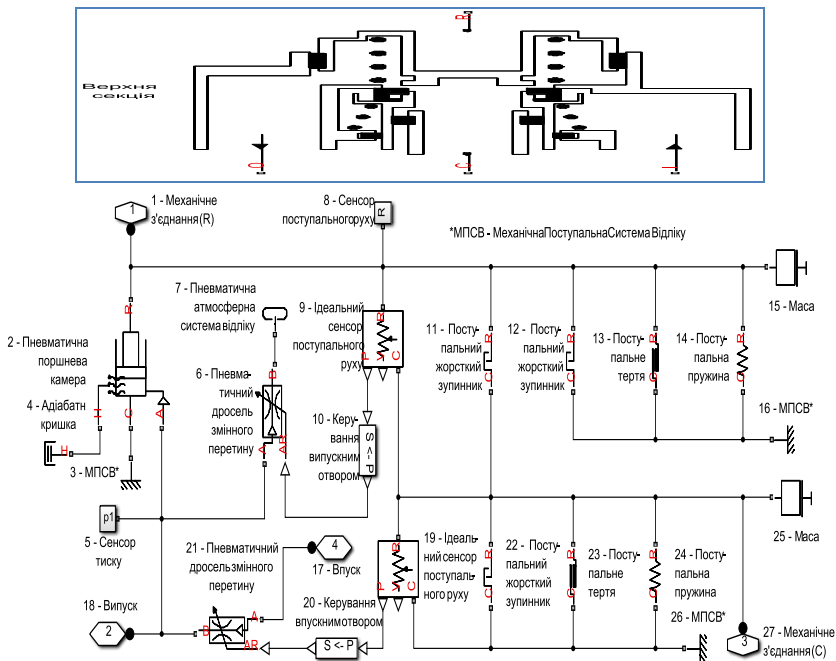


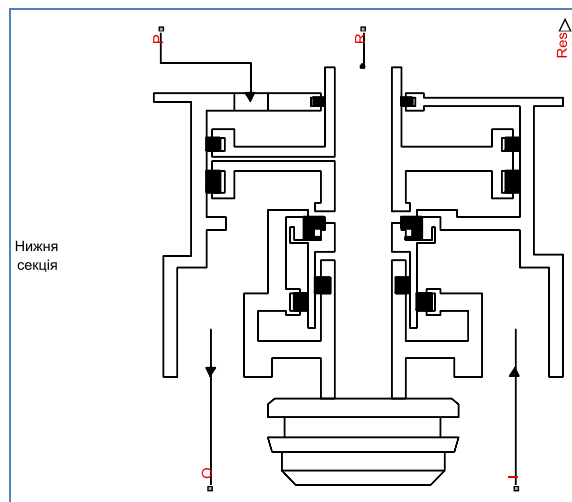
Рис. 5. Simscape модель верхньої секції крану EBS.

Розглянемо будову моделі верхньої секції гальмівного крану EBS (рис. 5). Вхід у підсистему верхньої секції забезпечується блоком механічного з'єднання 1. Через порт R дія передається до

блоку пневматичної поршневої камери 2, корпус якої фіксований відносно механічної поступальної системи відліку 3. Адіабатна кришка 4 ізолює теплообмін пневматичної камери з навколишнім середовищем. Сенсор 5 передає значення тиску до вихідних даних. Пневматичний дросель змінного перетину 6 забезпечує можливість з'єднання поршневої камери 2 з атмосферою через блок атмосферної системи відліку 7. Переміщення поршню відстежується сенсором поступального руху 8 для передачі у вихідні дані, а також сенсором 9, з порту **P** якого фізичний сигнал надходить у блок 10 обчислення площини перерізу дроселю 6, що приймається портом **AR**. Контакт поршню з клапаном здійснюється через поступальний жорсткий зупинник 11, зазор у якому вимірюється саме сенсором 9. Блоки 12, 13, 14 виконують відповідно обмежувальну, демпфуючу та пружну функції поршню пневматичної камери 2 масою 15 відносно фіксації на корпус блоком 16.

Пневматичний дросель змінного перетину 21 сполучає впускний 17 та випускний 18 порти верхньої секції крану. Керування дроселем відбувається через порт **AR** блоком 20, в якому обчислюється площа перерізу при утворенні кільцевого зазору, який забезпечується блоком поступального жорсткого зупинника 22, від переміщення клапану масою 25. Поступальний рух клапану сканується відносно корпусу 26 ідеальним сенсором поступального руху 19, та у виді фізичного сигналу подається до блоку 20. Поступальна пружина 24 забезпечує зворотну дію, а поступальне тертя 23 моделює дисипативний зв'язок з корпусом секції.

Розглянемо будову моделі нижньої секції гальмівного крану EBS (рис. 6). Стисле повітря надходить до блоку 1 з верхньої секції. На відміну від моделі верхньої секції на рис. 3 основний привод нижньої секції відбувається за допомогою пневматичної поршневої камери 3 через отвір постійного перетину 2. Поршнева камера 6 протидіє камері 3, що спричиняє реактивну слідкуючу дію пристрою. Обидві камери фіксовані на корпусі блоками механічної поступальної системи відліку 5, 7, а також ізольовані адіабатними кришками 4, 8 від навколишнього середовища. На випадок примусового спрацювання секції активується механічний зв'язок блоку 16, який після вибору зазору у поступальному жорсткому зупиннику 17, напряду передає рух на комбінований поршень масою 21. Сенсор поступального руху 9 відстежує переміщення поршню та передає його до вихідних даних. Поступальний жорсткий зупинник 10, поступальне тертя 11 та поступальна пружина 12, фіксовані відносно корпусу блоком 13, забезпечують обмеження ходу, дисипативну та зворотну функції подвійного поршню відповідно. Зазор до сідла клапану імітується жорстким поступальним зупинником 20, а вимірюється ідеальним сенсором поступального руху 18, з порту **P** якого сигнал надходить до блоку 19 керування дроселем, де перетворюється на виході у площину перетину дроселю 14. Цей дросель має пневматичний зв'язок з атмосферою через атмосферну систему відліку 15.



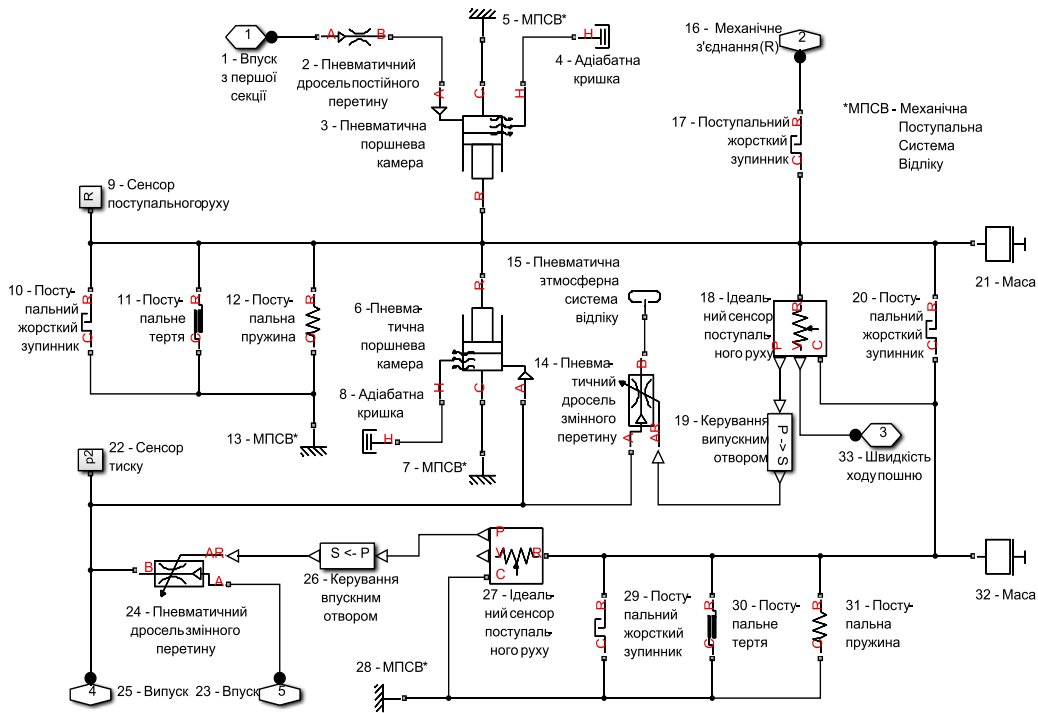


Рис. 6. Simscape модель нижньої секції крану EBS.

Сенсор 22 дозволяє вимірювати тиск у підпоршневій порожнині камери 6 та звітувати до вихідних даних. Дросель змінного перетину 24 є ланкою регулювання перепаду тиску між впускним 23 та випускним 25 блоками. Клапан регулюється через порт AR дроселю завдяки сигналу від блоку керування 26, де хід клапану перетворюється на площину дросельного отвору. Хід клапану вимірюється ідеальним сенсором поступального руху 27 відносно корпусу, що заданий блоком 28. Поступальний жорсткий зупинник 29, поступальне тертя 30 та поступальна пружина 31, фіксовані відносно корпусу блоком 28, забезпечують обмеження ходу, дисипативну та зворотну функції трубчастого клапану масою 32.

Результатимоделювання. Виконаємо моделювання роботи крану для випадку гальмівної ситеми EuroEBS [4] сідельного тягача DAFXF95. Завдяки наведеним технічним параметрам крану компанії WABCO можлива параметризація, відповідно до регламентованих значень. Задля забезпечення квазістатичної характеристики крану представимо вхідне зусилля на педалі поступово зростаючим до повного ходу. Це дозволяє зменшити вплив динамічних явищ і отримати майже статичну характеристику крану. На рис. 7 наведено порівняння базової силової характеристики гальмівного крану EBS WABCO з отриманою за імітаційною моделлю. Вочевидь, найбільш важливим є відтворення зони пропорційного впливу, яка майже збігається з експериментальною, бо при ході штовхача штоку педалі у межах 2,6-10 мм забезпечується слідкуюча дія крану. Пневматична характеристика на рис. 8 демонструє зростання тиску на виході секцій крану при ході штовхача штоку педалі. Невелика похибка у порівнянні з базовими характеристиками загалом якісно характеризує параметризацію моделі. На рис. 9 представлена електрична характеристики крану. При початковому ході штовхача (рис. 2, а) замикається електричний ланцюг вмикачем, та на малому ході забезпечується мінімальна ширина імпульсу. Приблизно 1,5 мШМ – сигнал від сенсору стає пропорційним ходу штовхача штоку педалі (рис. 10).

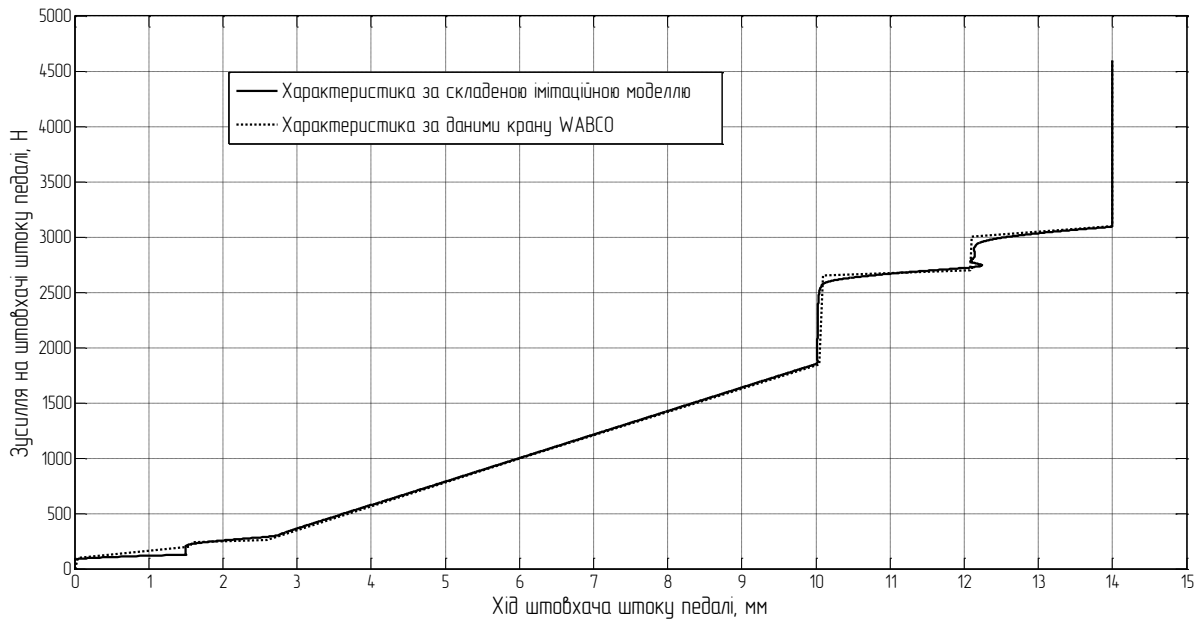


Рис. 7. Силова квазістатична характеристика гальмівного крану EBSWABCO.

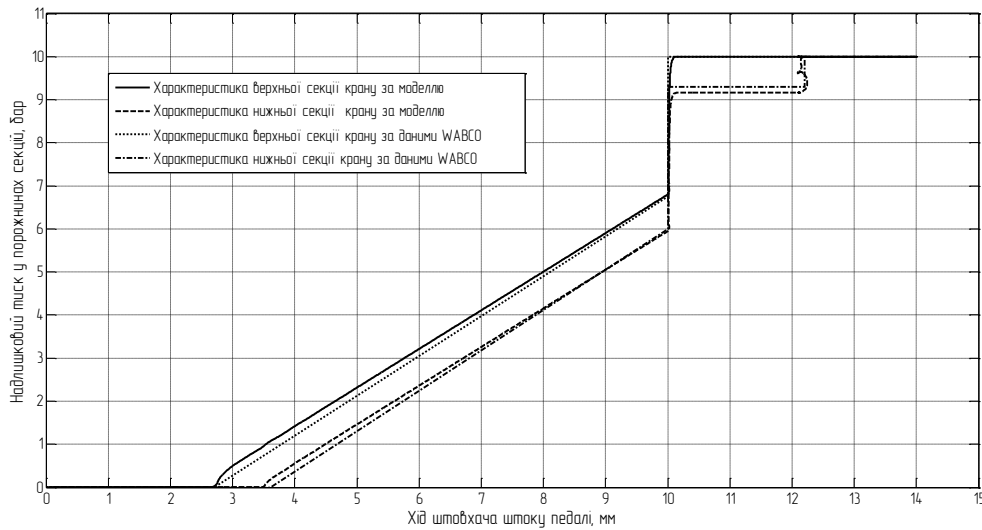


Рис. 8. Пневматична характеристика гальмівного крану EBSWABCO.

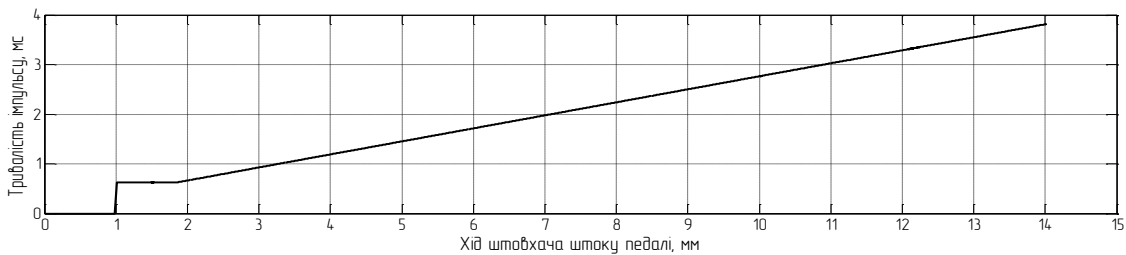


Рис. 9. Електрична характеристика гальмівного крану EBSWABCO.

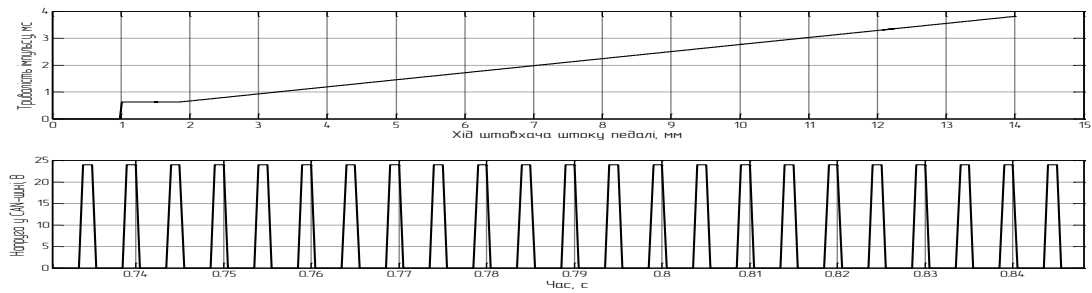


Рис. 10. ШІМ-сигнал від гальмівного крану EBSWABCO.

Висновки. Результати моделювання демонструють відтворення імітаційною моделлю крану основних характеристик з високою точністю. Треба враховувати той факт, що кожний базовий блок, з яких складаються структурні елементи, має декілька параметрів. Це призводить, у свою чергу, до багатопараметричної моделі, в якій, при нестачі технічних даних, дуже складно узгодити підсистеми між собою. Тим не менш, результати підтверджують не тільки якість структурного складу секцій крану, але й вдалу параметризацію. Таким чином, моделі секцій гальмівного крану можуть бути уніфіковані для типових пневматичних апаратів гальмівних систем. Використання останніх дозволить прискорити та удосконалити інжиніринг у сфері гальмівних систем комерційного транспорту.

1. Совершенствование способов регулирования выходных параметров тормозной системы автотранспортных средств / Туренко А.Н., Богомолов В.А., Клименко В.И., Кирчатый В.И., Ходырев С.Я. – Харьков: Издательство ХНАДУ (ХАДИ), 2002. – 400 с.
2. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть: Учеб. пособие для вузов / А.И. Гришкевич, Д.М. Ломако, В.П. Автушко и др.; Под ред. А.И. Гришкевича. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 200 с.: ил.
3. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. – М.: Машиностроение, 1980. – 231 с., ил.
4. Продукция компании WABCO. [Електронний ресурс]. – 2012. - Режим доступу: <http://wabco-auto.com>.
5. Simscapeexamples. [Електронний ресурс]. – 2013. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/examples/index.html>.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2014

УДК 656.13.022

В.І.Єресов, О.В.Григор'єва
Національний транспортний університет
АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

В статті пропонується розглядати утворення заторових явищ як наслідок переходу режиму руху транспортного потоку від стійкого до нестійкого. Параметри, які визначають перехідні процеси у транспортному потоці, пропонується досліджувати на базі мікромоделей руху транспортного потоку.

Ключові слова: затор, локальна стійкість транспортного потоку, модель слідування за лідером, теорія транспортного потоку, коефіцієнт чутливості.

Рис 2. Табл 1. Літ 10.

В статье предлагается рассматривать возникновение заторовых явлений как следствие перехода режима движения транспортного потока от устойчивого к неустойчивому. Параметры, определяющие переходные процессы в транспортном потоке, предложено исследовать на базе микромоделей движения транспортного потока.

Ключевые слова: затор, локальная устойчивость транспортного потока, модель следования за лидером, теория транспортного потока, коэффициент чувствительности.

The article is invited to consider occurrence congestion phenomena as a result of mode transfer of traffic flow from stable to unstable. Some definitions congestion state in terms of modern theory of traffic flow. Noted that the idea of the causes of congestion and ways of avoiding them in the modern theory of traffic flow and practice of organization of traffic varied, however, difficult to implement and not effective enough, and therefore the task of forecasting the occurrence congestion phenomena. Specified activities for the normalization of road transport with regard to foreign experience. It is noted that the original cause of congestion should be analysed at the micro-level interactions of individual cars in traffic flow with the transition to the study of micro characteristic (density, speed, spatial and time interval). The proposed task to solve with the help of simulation based on the model of following the leader. Also suggested for further research model to follow the leader, which takes into account the psycho-physiological indicators of the vehicle driver (response time, the factor of sensitivity and temporal lag) and the technical characteristics of the vehicle. Situations that arise in dense traffic, described with gaps between vehicles and defined the parameters that determine the stability of the regime of traffic flow. Also defined the further directions of research to study the transient process in the traffic flow.

Keywords: congestion, local stability of a traffic flow, model following the leader, traffic flow theory, factor of sensitivity.

Прискорена автомобілізація в умовах відставання розвитку вулично-дорожніх мереж створила проблему не лише в забезпеченні безпеки дорожнього руху, але і в обслуговуванні транспортних та пішохідних потоків на ВДМ міст, що пов'язано із заторами в русі. Затори зумовлені як організаційно-управлінськими причинами: невідповідності режимів світлофорного регулювання інтенсивностям транспортних потоків, незадовільним станом дорожнього покриття, відсутністю розмітки, припаркованими на узбіччях та крайніх правих смугах проїзної частини транспортними засобами, так і ресурсними причинами – потенціал смуги проїзної частини використовується на верхній межі, що особливо характерно для значних та найзначніших міст.

Уявлення про причини виникнення заторів та способи їх попередження в сучасній теорії транспортних потоків та практиці організації дорожнього руху неоднозначні, розроблені моделі мають низку суттєвих обмежень, тому їх складно застосовувати для управління транспортними потоками. В літературі наразі немає єдиного загальноприйнятого визначення поняття «затор». Сучасний науково-популярний словник автомобільних термінів пояснює визначення затору як стан, що відповідає зниженню швидкості транспортного потоку до нуля внаслідок перевищення фактичною інтенсивністю руху пропускної здатності дороги. Словник експерта автотехніка визначає затор як затримку в русі транспортного потоку, що виникає внаслідок різкого зниження пропускної здатності дороги на даній ділянці. Спеціалісти-практики організації дорожнього руху визначають ситуацію на дорозі таким чином: якщо водій протягом одного-трьох циклів СФР може проїхати в будь-якому напрямку перехрестя, то мова про затор не ведеться. Якщо цикл світлофорного регулювання складає 90 секунд і доводиться чекати від 3 до 5 циклів, то це називається передзаторовою ситуацією. І лише провівши перед стоп-лінією більше 7,5 хвилин (п'ять циклів регулювання), водій опиняється в заторовій ситуації.

В практиці організації дорожнього руху затор частіше всього розглядається як негативний фактор бурхливої автомобілізації в умовах дефіциту дорожнього простору. Стійке зростання автомобільного парку, сконцентрованого на відносно невеликих територіях, неминуче призводить до перевантаження ВДМ та періодичного виникнення заторів. Характерні для заторів висока щільність транспортного потоку та низька середня швидкість сполучення, роблять неможливою ефективну роботу транспортних систем.

Таблиця 1

Напрямки роботи по нормалізації транспортної ситуації.

Напрямки роботи	Заходи	Результат	Приклади в зарубіжній практиці
Великомасштабне дорожнє будівництво	<ul style="list-style-type: none"> • будівництво систем магістралей швидкісного та безперервного руху; • будівництво багаторівневих розв'язок; • будівництво надземних та підземних пішохідних переходів; • будівництво позавуличних автостоянок та парковок. 	<ul style="list-style-type: none"> • підвищення пропускної здатності ВДМ; • рішення транспортних проблем міст при високих рівнях автомобілізації (800-1000 авт/1000 чол.) 	Системи позавуличних швидкісних магістралей, які виконують основну транспортну роботу по зв'язку міста з приміською мережею доріг, і які забезпечують переміщення великих об'ємів перевезень по території міст. Позавуличні мережі приймають на себе 75-80% міського руху, залишаючи на існуючій ВДМ міста міський транспорт загального користування та місцевий рух, які складають на окремих вулицях 10-25%.
Обмеження інтенсивності дорожнього руху	<ul style="list-style-type: none"> • обмеження використання особистого автомобіля: тимчасовий та постійний платний в'їзд в певні райони; • платні паркування та стоянка; • повна заборона стоянки; • підвищення попиту на користування міським пасажирським транспортом. 	<ul style="list-style-type: none"> • стабілізація рівня автомобілізації. • зростання швидкості сполучення. • зниження транспортних затримок. • зменшення кількості заторових ділянок. • зменшення кількості ДТП. • зниження екологічних показників роботи транспорту. 	Платний в'їзд в центральну частину міста на особистому автомобілі. Безкоштовне паркування протягом 10 хвилин та поблизу свого помешкання. «Персоналізований» МПТ – маршрутні автоматичні електроавтобуси невеликої пасажиромісткості. Плата за перехоплюючі стоянки являється оплатою проїзду на МПТ.

<p>Оптимізація використання існуючої ВДМ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • перепланування перехрестя та транспортних розв'язок; • організація одностороннього та реверсивного руху; • вибір оптимальних схем та алгоритмів світлофорного регулювання; • впровадження АСУР; • розробка та впровадження ІТС. 	<p>Підвищення пропускної здатності ВДМ на 20-30%. При впровадженні АСУР та ІТС:</p> <ul style="list-style-type: none"> • підвищення пропускної здатності ВДМ на 30-35%; • зменшення транспортних затримок на 20-40%; • зменшення рівня ДТП на 30-40%; • зменшення забруднення навколишнього середовища та рівня шуму, рівня загазованості на 20-30%. 	<p>Імітаційне моделювання при виборі оптимальних схем управління дорожнім рухом. Використання інтелектуальних транспортних систем.</p>
--	---	--	--

Постійне виникнення заторів в русі викликає, крім того, нервові напруження водіїв і пасажирів, що несприятливо позначається на стані аварійності. Слід зазначити, що тяжкість наслідків таких ДТП як правило незначна через невисокі швидкості руху в заторах.

Дослідники вважають, що початок заторового стану виникає, коли потенціал пропускної здатності смуги, дороги, перехрестя і в цілому ВДМ використаний. Незначне перевищення їх пропускної здатності створює початок заторового стану. Затор – це, по суті, колапс ВДМ або її частини. При цьому, масштабні затори розсмоктуються досить повільно, оскільки пропускна здатність ВДМ самим же затором і обмежена.

Заторові стани, що часто виникають, довго тривають та займають значний простір, як правило є наслідком загальної нерозвиненості ВДМ в цілому. Боротьба з ними потребує комплексних мір, що повинні застосовуватися не лише в місцях виникнення заторів, а й на дорожній мережі району, магістралі або населеного пункту. В результаті досліджень були складені комплексні напрямки дій щодо нормалізації дорожньо-транспортної ситуації, наведені в табл.1.

Відомі технології, що конкретно спрямовані на виявлення і попередження заторових ситуацій. Одна із таких технологій розроблена та використовується в м. Хельсинки. Суть проекту полягає у використанні керованих знаків обмеження швидкості та спеціалізованих інформаційних табло оповіщення про виникаючі осередки заторів. Створена система може попереджувати водія про виникнення затору, обмежувати регіон, охоплений затором, і оповіщати про приблизний час розсмоктування затору.

Керовані знаки обмеження швидкості призначають швидкості руху на підходах до затору. Керування системою здійснюється як автоматично, так і за командами оператора з координаційного центру. Подібні системи використовуються і в інших містах. Проте існує думка, що ефект від використання таких систем багато в чому залежить від дисциплінованості та відповідальності водіїв.

Дослідники зазначають, що в умовах об'єктивного дефіциту дорожнього простору, організаційно-управлінськими методами затори не можуть бути ліквідовані, а лише перенесені з місця їх локалізації, що частково пом'якшує гостроту проблеми. Лише відповідність розвитку транспортної інфраструктури рівню автомобілізації дозволить вирішити транспортні проблеми міст.

В сучасній теорії транспортних потоків затор розглядається як один із можливих станів транспортного потоку. Класична діаграма транспортного потоку (рис.1) відображує зміну стану однорядного транспортного потоку в залежності від збільшення його інтенсивності та щільності

[6]. Ліва частина кривої (показана суцільною лінією на рис.1) відображає стійкий стан потоку, при якому по мірі збільшення щільності транспортний потік проходить фази вільного, потім – частково зв'язаного, і насамкінець, зв'язаного руху, досягаючи точки максимально можливої інтенсивності, тобто пропускної здатності (точка $N_{max} = P_a$ на рис.1). В процесі цих змін швидкість потоку падає – вона характеризується тангенсом кута нахилу радіус-вектора, проведеного з точки O до будь-якої точки кривої, яка характеризує зміну інтенсивності N . Відповідні точки $N_{max} = P_a$ значення щільності та швидкості потоку вважаються оптимальними для даної пропускної здатності (q_{opt} та V_{opt}). При подальшому зростанні щільності (за точкою P_a перегину кривої) потік стає нестійким (ця ділянка кривої показана пунктирною лінією).

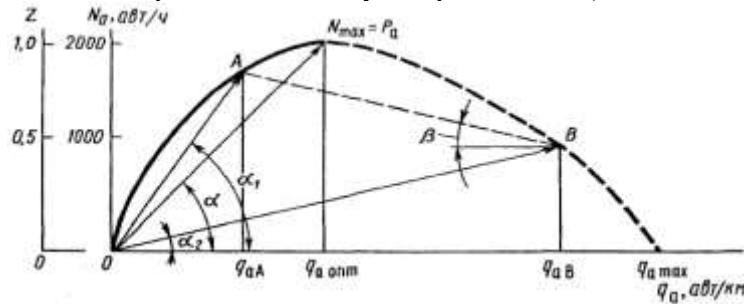


Рис. 1. Основна діаграма транспортного потоку.
 Z – рівень завантаження дороги рухом

Перехід потоку в нестійкий стан відбувається внаслідок несинхронності дій водіїв для підтримання дистанції безпеки (дії «розгін-гальмування») на будь-якій ділянці шляху і особливо проявляються в несприятливих дорожніх умовах. Все це створює «пульсуючий» (нестійкий) потік.

Різка гальмування потоку в режимі, що відповідає точці A , і перехід його в результаті гальмувань до стану, що відповідає точці B , викликає так звану «ударну хвилю» (показана пунктиром AB), яка розповсюджується назустріч напрямку потоку зі швидкістю, що характеризується тангенсом кута β . «Ударна хвиля» є також джерелом виникнення супутніх ланцюгових зіткнень, типових для щільних транспортних потоків, внаслідок порушень дистанції безпеки певними водіями.

В точках O і q_{max} інтенсивність руху $N=0$, тобто, відповідно, на дорозі відсутні транспортні засоби, або потік знаходиться в стані затору (нерухомості).

Радіус-вектор, проведений із точки O у напрямку будь-якої точки на кривій (наприклад, A або B), що характеризує N , визначає значення середньої швидкості потоку $V=N/q=tga$.

На графіку (рис.1) показані для прикладу дві точки, характерні:

A – для стійкого режиму руху транспортного потоку;

B – для нестійкого, наближеного до передзаторового стану, потоку.

Кут нахилу радіус-вектора в першій точці $\alpha_1 = 60^\circ$ ($tga = 1,77$), а в другій точці $\alpha_2 = 15^\circ$ ($tga = 0,26$). Швидкість в точці B ($\approx 9,9$ км/год) менша, ніж в точці A (≈ 67 км/год) в 6,8 раз.

Проте, слід відмітити, що основна діаграма не може відобразити всю складність процесів, що відбуваються в транспортному потоці, та надійно його характеризує лише при однорідному складі та нормальному стані дороги та навколишнього середовища [8]. При зміні стану покриття, умов видимості для водіїв, складу потоку, вертикального та горизонтального профілів дороги змінюється характер діаграми.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що в транспортному потоці можуть розглядатися два стійких стани – статичний (зупинка потоку) і динамічний (режим вільного руху). Аналіз стійкості об'єкту може бути проведений шляхом дослідження зміни режиму руху під впливом нормованих збуджуючих факторів. Наразі йдеться про перехідні процеси в транспортному потоці, при цьому відомо, що перехідний процес в потоці при його детермінованості однозначно констатує стійкість явища.

В теорії транспортних потоків об'єкт прийнято вподоблювати потоку рідини або газу. Тому існує поняття фазового переходу у транспортному потоці по аналогії з фазовими переходами у рідині – перетворення пари у воду або води у кригу. Істотно, що розуміння і пояснень моменту і динаміки зміни фаз в транспортному потоці за аналогією з тим, як це відбувається у рідині, на сьогодні поки що бракує. Фазові переходи – це якісні скачкоподібні зміни у швидкості і

щільності транспортного потоку [9]. Ці зміни виникають локально (причини) і розповсюджуються хвилеподібно вздовж потоку (розвиток). Такий стан може зберігатися достатньо довго (існування), годину або дві. Це явище не описується жодною з існуючих математичних моделей – механізм фазових переходів, якщо вони існують в реальності, досі наразі незрозумілий [9].

Ключовим питанням дослідження заторових явищ є визначення фізичних першопричин утворення заторів, їх класифікації та прогнозування, хоча логічно стверджувати, що у будь-якому випадку це певне випадкове або детерміноване збурення, що впливає врешті на окремого водія, а далі – транслюється на решту через ланцюг взаємозв'язків, як у роботі [1]. Кожному водію в потоці доводиться передбачати дії своїх колег, але оскільки інформація від одного автомобіліста до іншого наразі передається тільки за допомогою стоп-сигналів і сигналів поворотів, цього виявляється недостатньо. При цьому навіть один водій, різко загальмувавши, може зупинити весь потік. І оскільки жоден водій не має в своєму розпорядженні інтегральної картини ситуації (інформаційна ентропія), його рішення позбавлені системності. Неможливість цілеспрямованої координації дій учасників дорожнього руху - ще одна з причин «старт-стопних» («stop and go») режимів в умовах дорожнього затору.

Тим не менше, з викладеного витікає, що фазові переходи виникають локально, тобто на мікро-рівні в результаті взаємодій по каналу "перешкода – автомобіль" або ж "автомобіль – автомобіль", а розповсюджується вздовж потоку, як зміни щільності (просторового інтервалу) - стиснення вже у макро-уявленні, причому у вигляді поздовжньої хвилі або кількох хвиль. На базі цього спостереження зрозуміло, що причина фазового переходу - це збільшення завантаження рухом, зменшення середнього просторового інтервалу i , як наслідок – різке падіння швидкості транспортних засобів.

Які саме параметри визначають фазові переходи? Наприклад для поняття агрегатний стан речовини визначним параметром є температура. Для гідродинамічних переходів – швидкість потоку та ін. Для транспортних потоків це питання остається відкритим і складає подальшу перспективу наукових досліджень в цьому напрямку.

Авторами свого часу була висунута ідея вирішення задачі за допомогою аналізу стійкості об'єкту [5] як ключового прийому теорії автоматичного управління; при цьому під стійкістю (об'єкту, системи, процесу) розуміється властивість повертатися в урівноважений початковий стан після впливу нормованих збурень на вході об'єкту. Такий тезис спрямовує дослідження у бік аналізу перехідних процесів у транспортних потоках, що може бути виконаний шляхом розв'язання системи диференціальних рівнянь, при умові їх наявності, і подальшого аналітичного дослідження передаточної функції отриманої системи.

Складність полягає у тому, що властивості транспортного потоку як об'єкту управління є доволі специфічними, навіть парадоксальними. Так наприклад, природно, що першопричину затору слід аналізувати на мікро-рівні взаємодій окремих автомобілів у потоці (система "водій – автомобіль – дорога"), але саме явище трансформується далі у меза-рівень (група автомобілів) і врешті надбає характеру макро-рівня (система "дорожні умови – транспортні потоки"), тобто того, що здебільшого і розуміється під затором – "пробкою". Це зокрема означає, що дослідження походження – першопричини заторових явищ повинно базуватися на мікро-моделях, що описують взаємодію двох послідовних автомобілів у потоці з подальшим інтегруванням по довжині (ланцюг взаємодій) і переході до макро-уявлень (щільності, інтервалу, середньої швидкості, тощо). Такі задачі звичайно розв'язують за допомогою імітаційного моделювання, наприклад на основі моделей слідування за лідером [4].

В теорії слідування за лідером [3] розглядається залежність між двома послідовними автомобілями, виходячи з умови, що водій заднього (веденого) автомобіля буде прагнути, щоб відносна швидкість між автомобілями не змінювалась. Відповідно, для дотримання цієї умови, водій заднього автомобіля повинен реагувати на кожну зміну швидкості автомобіля-лідера з врахуванням величини своєї затримки, через яку настає реакція на рух автомобіля-лідера:

$$a_{n+1}(t + \tau) = \frac{K}{x_{n+1}(t) - x_n(t)} (V_n(t) - V_{n+1}(t)) \quad (1)$$

де $a_{n+1}(t + \tau)$ - значення прискорення веденого автомобіля з врахуванням затримки на реакцію водія веденого автомобіля;

$x_{n+1}(t) - x_n(t)$ - відстань між автомобілями в момент зміни швидкості автомобіля-лідера;

$V_n(t) - V_{n+1}(t)$ - різниця швидкостей між автомобілями у момент зміни швидкості автомобіля-лідера;

K - коефіцієнт пропорційності, що має розмірність швидкості;

τ - час запізнення, або різниця у часі між сприйняттям про зміну швидкості автомобіля-лідера і реагуванням на цю зміну водієм наступного автомобіля.

Ця залежність показує, що зміна режиму руху веденого автомобіля буде відбуватися у момент часу, який пройде після затримки водія веденого автомобіля на розуміння того, що автомобіль-лідер змінив свій режим руху. Величина, на яку водій веденого автомобіля змінить свою швидкість, залежить від різниці швидкостей автомобілів у момент зміни швидкості водієм автомобіля-лідера, та від відстані між автомобілями.

Відношення $\frac{K}{x_{n+1}(t) - x_n(t)}$ в літературі [2, 10] називають коефіцієнтом чутливості λ , який

враховує сприйняття водієм веденого автомобіля поведінки автомобіля-лідера, або інші стимули.

Модель лінійної стійкості в літературі [7] поділяється на стійкість:

- локальну,
- асимптотичну.

Локальна стійкість транспортного потоку виражає реакцію веденого транспортного засобу, на поведінку транспортного засобу, що їде перед ним.

Асимптотична стійкість виражає зміну руху ведучого транспортного засобу вздовж дороги і ліміту його стійкості, доти, поки ця стійкість не зникне.

При аналізі рівняння (1) було встановлено, що інтервали між послідовними транспортними засобами коливаються в залежності від величини постійної C , що визначається як:

$$C = \lambda \cdot \tau \quad (2)$$

В поведінці транспортних засобів можуть виникнути наступні ситуації в транспортних потоках (описані через інтервали між транспортними засобами):

- а) якщо $\tilde{N} > \frac{\pi}{2}$ ($\approx 1,57$)- інтервали між автомобілями коливаються зі зростаючою амплітудою;
- б) $\tilde{N} = \frac{\pi}{2}$ — відстань між автомобілями змінюється з постійною амплітудою;
- в) $\frac{1}{e} \cdot (\approx 0,368) < C < \frac{\pi}{2}$ - відстань між автомобілями змінюється, але амплітуда коливань поступово зменшується, і згодом затухає повністю;
- г) $C = \lambda T < \frac{1}{e}$ - порушення в системі припиняються досить швидко.

Графічне зображення виникнення цих інтервалів між транспортними засобами ілюструється рис. 2.

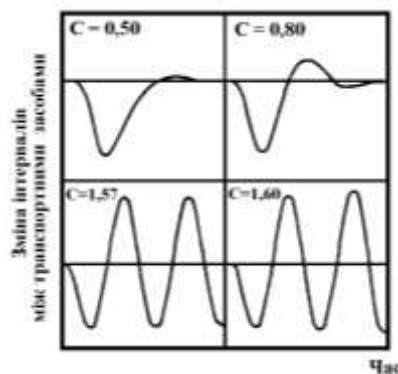


Рис. 2. Коливання інтервалів транспортних засобів в часі

Асимптотична стійкість показує стійкість колони транспортних засобів з урахуванням флуктуації в русі першого транспортного засобу. Швидкість, з якою поширюється флуктуація руху першого транспортного засобу, складає $1/\lambda$.

Проте в теоретичних розрахунках асимптотичної стійкості коефіцієнт чутливості та значення параметру запізнення приймалися як середні та для сталих умов стимул-реакції, в той час як фактично водію кожного автомобіля в потоці властиві індивідуальні значення цих параметрів, і, як наслідок, різні значення C . Іншими словами, водії з низьким значенням C будуть часто згладжувати реакцію водіїв з високими значеннями C , і завдяки цьому запобігатимуть підсиленню порушень просторових інтервалів між автомобілями.

Відомо, що перехід від нормального руху до затору є гістерезисним за своєю природою, тобто зворотний перехід відбувається при менших щільностях і більших швидкостях потоку. З цього витікає, що значно легше запобігти утворенню затору, ніж надалі його ліквідувати. З цієї причини виникає задача прогнозування заторів, що може розв'язуватись лише з позицій адекватного моделювання динаміки транспортних потоків.

Таким чином, на основі вищевикладеного можна сформулювати напрямки подальших досліджень:

- створення імітаційної моделі транспортного потоку на базі мікромоделей слідування за лідером;
- експериментальне визначення умов утворення затору;
- аналіз фазових переходів для подальшої оцінки стійкості транспортного потоку;
- визначення параметрів, що визначають перехідні процеси у транспортному потоці.

1. Barwell F.T. Automation and Control in Transport.: Oxford publ., 1983. – 367 p.
2. Вол М. Анализ транспортных систем: пер. с англ./ Вол М., Мартин Б. – М. Транспорт, 1981. – 516 с.
3. Врубель Ю.А. Характеристики дорожного движения. – Минск.: БНТУ, 2007. – 268 с.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 562 с.
5. Сресов В.І. До питання щодо хвильової поведінки і стійкості транспортних потоків./ Сб. "Автомобильный транспорт", Вып. 13, изд. ХНАДТУ, Харьков, 2003, с.309-311.
6. Кликовштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. [для вузов]/ Кликовштейн Г.И., Афанасьев М.Б. – М.: Транспорт, 2001. – 335 с.
7. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. посіб./ Поліщук В.П., Дзюба О.П. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
8. Ренкин В.У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ./ Ренкин В.У., Клаффи П., Халберт С. и др. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
9. Семенов В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса. – Препринт №34 Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2004. – 35 с.
10. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014

УДК 625.852

В.К.Жданюк, Д.Ю.Костін, О.О.Воловик

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШЕБЕНЕВО-МАСТИКОВИХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ З МОДИФІКУЮЧОЮ ДОБАВКОЮ

В статті приведено результати порівняльних експериментальних досліджень впливу на фізико-механічні та розрахункові характеристики, а також на колістійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів, волокнистої добавки Viator Plus CT-40, що містить у своєму складі модифікатор, у порівнянні з добавкою Viator 66.

Ключові слова: щебенево-мастиковий асфальтобетон, модифікатор, розрахункові характеристики, колістійкість.

В статье приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований влияния на физико-механические и расчетные характеристики, а так же на колеустойчивость щебеночно-мастичных асфальтобетонов, волокнистой добавки Viator Plus CT-40, которая содержит в своем составе модификатор, по сравнению с добавкой Viator 66.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, модификатор, расчетные характеристики, колеустойчивость.

The results of the comparative experimental investigations of the fibrous additive Viator Plus CT-40, which contains in its composition modifier, on the physical, mechanical and calculated characteristics and also on the rutting resistance of the stone mastic asphalt in comparison with additive Viator 66 are given in the article.

Keywords: stone mastic asphalt, modifier, calculated characteristics, rutting resistance.

Постанова проблеми. Відомі способи підвищення фізико-механічних властивостей нафтових дорожніх бітумів які полягають у введенні до їх складу полімерів та поверхнево-активних речовин. Модифікацією бітумів досягається суттєве підвищення теплостійкості, тривалої водостійкості та морозостійкості. Щебенево-мастиковим асфальтобетонам на основі модифікованих бітумів властива менша температурна чутливість показників міцності [1-3].

Технологія модифікації бітумів полімерами передбачає використання додаткового технологічного обладнання та є більш енерговитратною, порівняно з традиційною технологією приготування асфальтобетонних сумішей на звичайних бітумах. Зменшення енерговитрат можливо досягти введенням модифікуючих добавок безпосередньо у асфальтозмішувач при приготуванні асфальтобетонних сумішей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При приготуванні щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей найбільшого поширення набули стабілізуючі целюлозні волокнисті добавки. Останнім часом почали використовувати стабілізуючі добавки, що містять у своєму складі целюлозні волокна та інші модифікуючі домішки (рисунк 1). Як модифікуючі домішки до складу стабілізуючих добавок вволять синтетичні воски, аміни жирних кислот, полімери та інші речовини.

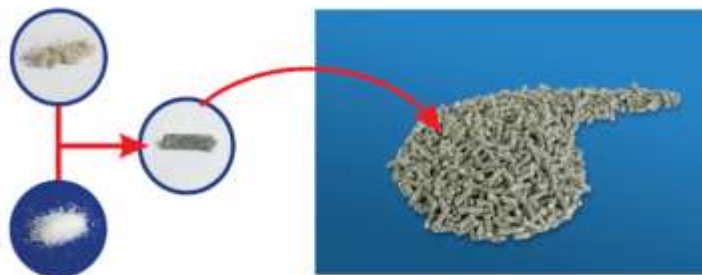


Рис. 1. Складові компоненти стабілізуючої волокнистої добавки, що містить у своєму складі модифікатор

Вплив полімерів, латексів та синтетичних восків, як індивідуальних добавок, на властивості бітумів і щебенево-мастикових асфальтобетонів вивчено достатньо повно [1-3]. При цьому недостатньо вивчено вплив стабілізуючих волокнистих добавок з домішками синтетичного воску на властивості щебенево-мастикових асфальтобетонів. Однією з таких є добавка Viator Plus CT-

40. За даними виробника вона містить у своєму складі 60 % целюлозної фібри Arboceel ZZ 8/1 та 40 % Fischer-Tropsch-Wax (синтетичний віск).

Мета дослідження. Дослідження впливу добавки Viator Plus СТ-40 на фізико-механічні і розрахункові характеристики щебенево-мастикових асфальтобетонів та їх колієстійкість.

Основні результати дослідження. Для досліджень були прийняті щебенево-мастикові асфальтобетони видів ЩМА-5 та ЩМА-15. Для приготування щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей використовували гранітний щебінь кубовидної форми та відсів подрібнення Гайворонського спецкар'єру та вапняковий мінеральний порошок. В якості в'язучого використовували бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90 виробництва Лісичанського НПЗ. Добавку Viator Plus СТ-40 вводили в суміш в кількості 0,5 % від маси кам'яного матеріалу за рекомендаціями виробника. Вплив добавки Viator Plus СТ-40 на характеристики щебенево-мастикових асфальтобетонів визначали у порівнянні з волокнистою целюлозною добавкою Viator 66. Добавка Viator 66 вводилась у суміш у кількості 0,4 % від маси кам'яного матеріалу.

Фізико-механічні характеристики визначали згідно [4]. Отримані результати досліджень фізико-механічних властивостей приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості асфальтобетонів, прийнятих для досліджень

Назва показника	ЩМА-15 Viator-66	ЩМА-15 Viator Plus СТ 40	ЩМА-5 Viator-66	ЩМА-5 Viator Plus СТ 40
1. Пористість мінеральної частини (остова), % по об'єму	16,2	16,5	15,4	15,5
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2,8	2,9	2,4	2,4
3. Водонасичення, % за об'ємом	1,5	1,8	1,4	1,3
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 20 °С 50 °С	3,1 0,9	3,6 1,3	3,9 1,3	4,6 1,9
5. Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,93	0,92	0,91	0,91
6. Зчеплення при зсуві за температури 50 °С, МПа	0,17	0,23	0,20	0,28
7. Границя міцності на розтяг при розколі за температури 0 °С, МПа	3,9	3,7	4,9	6,6
8. Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,92	0,93	0,92	0,93
9. Показник стікання в'язучого	0,07	0,11	0,03	0,04
10. Вміст в'язучого, %	5,5	5,5	7,0	7,0

Результатами досліджень фізико-механічних властивостей вказують на те, що всі досліджувані щебенево-мастикові асфальтобетони відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-127-2006. При цьому щебенево-мастикові асфальтобетони виду ЩМА-5 та ЩМА-15 з добавкою Viator Plus СТ-40 характеризуються більшими значеннями границі міцності при стиску за температури 20 та 50 °С, показником зчеплення при зсуві за температури 50 °С та границі міцності на розтяг при розколі за температури 0 °С, порівняно з щебенево-мастиковими асфальтобетонами з добавкою Viator-66.

Визначення розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів виконували згідно стандартної методики, що викладена в [5]. Результати досліджень приведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Розрахункові характеристики щебенево-мастикових асфальтобетонів, прийнятих для досліджень

Матеріал	Міцність на розтяг при згині, МПа	Модуль пружності, МПа
Щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА – 5 на бітумі БНД 60/90 з добавкою Viator-66 при температурі, °С:		
0	6,6	4500
10	4,7	3300
20	2,9	2100
30	1,6	1100
Щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА – 5 на бітумі БНД 60/90 з добавкою Viator Plus СТ-40 при температурі, °С:		
0		
10	8,0	5400
20	5,7	4100
30	3,8	2500
	2,3	1300
Щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА – 15 на бітумі БНД 60/90 з добавкою Viator-66 при температурі, °С:		
0	3,9	3600
10	2,8	2600
20	1,7	1600
30	1,0	900
Щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА – 15 на бітумі БНД 60/90 з добавкою Viator Plus СТ-40 при температурі, °С:		
0		
10	4,6	4300
20	3,4	3100
30	2,2	1900
	1,5	1050

Аналіз результатів експериментальних досліджень розрахункових характеристик щебенево-мастикових асфальтобетонів дозволяє констатувати, що ЩМА-5, порівняно з ЩМА-15, характеризується більшими значеннями показників границі міцності на розтяг при згині та модулів пружності при різних температурах, не залежно від виду добавки, яка використовувалась для приготування щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей. При цьому, за показником границі міцності на розтяг при згині щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-5 з добавкою Viator Plus СТ-40 перевищує щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-5 з добавкою Viator-66 на 21 % при температурах 0 та 10 °С, на 31 % при температурі 20 °С та на 43 % при температурі 30 °С. Щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-15 з добавкою Viator Plus СТ-40 за показником границі міцності на розтяг при згині перевищує щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-15 з добавкою Viator-66 на 18 % при температурі 0 °С, на 21 % при температурі 10 °С, на 29 % при температурі 20 °С та на 50 % при температурі 30 °С.

За величиною модуля пружності щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-5 з добавкою Viator Plus СТ-40 перевищує щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-5 з добавкою Viator-66 на 20 % при температурі 0 °С, на 24 % при температурі 10 °С, на 19 % при температурі 20 °С та на 18 % при температурі 30 °С. За показником модуля пружності щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-15 з добавкою Viator Plus СТ-40 перевищує щебенево-

мастиківий асфальтобетон виду ЩМА-15 з добавкою Viator-66 на 19 % при температурах 0, 10 та 20 °С та на 17 % при температурі 30 °С.

Колієстійкість щебенево-мастиківих асфальтобетонів досліджували при температурі 65 °С за допомогою прилада-колієміра конструкції кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ [6] при еквівалентному навантаженні на огумлене колесо 57,5 кН.

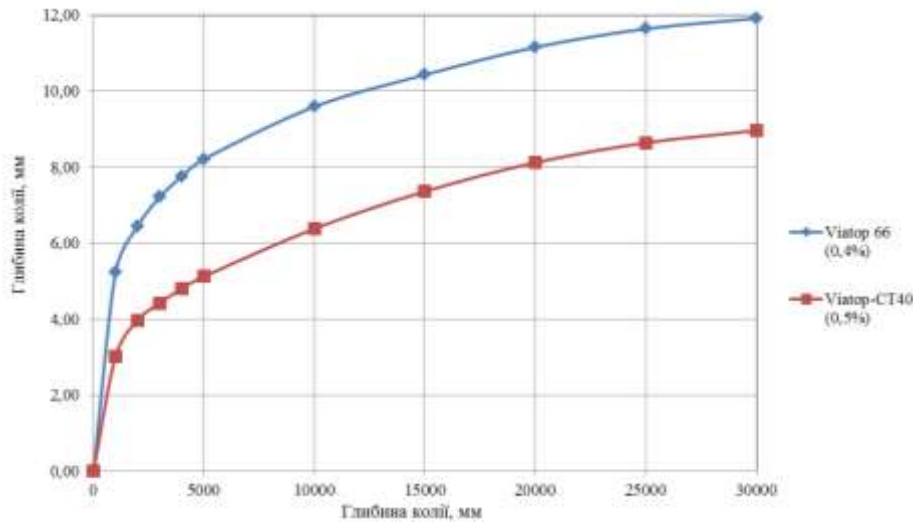


Рис. 2. Залежності глибини колії у щебенево-мастиківих асфальтобетонах виду ЩМА-15 з добавкою Viator 66 та Viator Plus CT40 від кількості проходів колеса прилада-колієміра

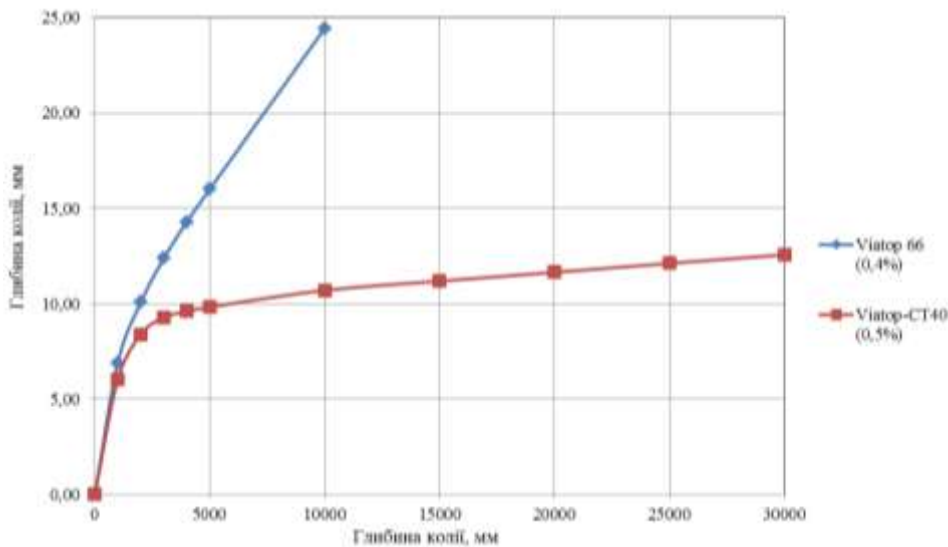


Рис. 3. Залежності глибини колії у щебенево-мастиківих асфальтобетонах виду ЩМА-5 з добавкою Viator 66 та Viator Plus CT40 від кількості проходів колеса прилада-колієміра

Аналіз результатів експериментальних досліджень щебенево-мастиківих асфальтобетонів різних видів вказує на те, що ЩМА-15, порівняно з ЩМА-5, характеризується більшою колієстійкістю (рис. 2 і 3). При цьому щебенево-мастиківий асфальтобетон виду ЩМА-5 з добавкою Viator Plus CT-40 характеризується більшою в 2,3 рази колієстійкістю, порівняно з щебенево-мастиківим асфальтобетоном виду ЩМА-5 з добавкою Viator-66 при 10000 проходів колеса.

Щебенево-мастиківий асфальтобетон виду ЩМА-15 з добавкою Viator Plus CT-40 перевищує щебенево-мастиківий асфальтобетон виду ЩМА-15 з добавкою Viator-66 за показником колієстійкості в 1,5 рази при 10000 проходів колеса та в 1,3 рази при 30000 проходів колеса.

Висновки. Щебенево-мастиківі асфальтобетони виду ЩМА-5 та ЩМА-15 з добавкою Viator Plus CT-40 характеризуються більшими значеннями границі міцності при стиску, зчеплення при

зсуві, границі міцності на розтяг при розколі та границі міцності на розтяг при згині, порівняно з щебенево-мастиковими асфальтобетонами з добавкою Viator-66. Використання добавки Viator Plus СТ-40 забезпечує щебенево-мастиковим асфальтобетонам більші значення модулів пружності, порівняно з добавкою Viator-66. При цьому ЩМА-5, порівняно з ЩМА-15, характеризується більшими значеннями показників границі міцності на розтяг при згині при температурі 0 °С та модулів пружності при різних температурах. Введення до складу щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей добавки Viator Plus СТ-40 підвищує колієстійкість асфальтобетонів, порівняно з добавкою Viator-66. При цьому ЩМА-15 властива більша колієстійкість, порівняно з ЩМА-5.

1. Sybilski D., Szczepaniak Z. Beton asfaltowy modyfikowany kopolimerem SBS // Prace Instytutu Badawczego Drog i Mostow.- 1992.- №1.- s. 5-28.
2. Жданюк В.К., Ковальчек М., Шевченко В.П., Масолитин А.В. Об устройстве асфальтобетонных покрытий с применением асфальтобетонных смесей на основе битума, модифицированного термопластичным эластомером «Кратон Д-1101 СМ» // Коммунальное хозяйство городов. Серия: Технические науки.- 2002.- вып.42.- С.75-80
3. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Аринушкіна О.О. Дослідження властивостей щебенево-мастикових асфальтобетонів різних видів на модифікованих бітумах // Автошляховик України.-№6.-2012.- С.23-27.
4. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801 – 98) Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань. К.: Держбуд України, 2000. – 45 с.
5. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.
6. Жданюк В.К., Масюк Ю.А., Чугуенко С.А., Плигун В.И. Об оценке устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию пластических деформаций в виде колеи // Материалы II международной научно-технической интернет-конференции «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства», Харьков, ХНАГХ. – 2007.- С.168-171.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014

УДК 625.852

В.К.Жданюк, А.А.Шурупова

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА
ПОКАЗНИК ЗЧЕПЛЕННЯ БІТУМІВ З МІНЕРАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

Наведено результати порівняльних експериментальних досліджень впливу поверхнево-активних речовин на показники адгезійних властивостей бітуму. Показано, що катіонні поверхнево-активні речовин різних виробників при концентрації 0,4 % за масою забезпечують бітуму високі значення показника зчеплення з поверхнею скляних пластин. Встановлено, що бітуми з дослідженими катіонними поверхнево-активними речовинами за показником адгезійної активності та термостабільності суттєво відрізняються.

Ключові слова: бітум, поверхнево-активна речовина, показник зчеплення з поверхнею скляних пластин, адгезійна активність, індекс термостабільності.

Рис 1. Табл 2. Літ 7.

В.К.Жданюк, А.А.Шурупова

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ НА ПОКАЗАТЕЛЬ СЦЕПЛЕНИЕ БИТУМОВ С МИНЕРАЛЬНОЙ
ПОВЕРХНОСТЬЮ**

Приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований влияния поверхностно-активных веществ на показатели адгезионных свойств битума. Показано, что катионные поверхностно-активные вещества разных производителей при концентрации 0,4 % по массе обеспечивают битуму высокие значения показателя сцепления с поверхностью стеклянных пластин. Установлено, что битумы с исследованными катионными поверхностно-активными веществами по карателям адгезионной активности и термостабильности существенно отличаются.

Ключевые слова: битум, поверхностно-активное вещество, показатель сцепления с поверхностью стеклянных пластин, адгезионная активность, индекс термостабильности.

V.Zhdanyuk, A.Shurupova

**THE INFLUENCE COMPARATIVE STUDIES OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES ON
TRACTION BITUMEN WITH MINERAL SURFACE**

Results of comparative research of influence of surface active substances on bitumen adhesive properties are highlighted. It has been shown that cationic surface active substances of different manufacturers at 0.4% (by mass) concentration provide bitumen with high values of adhesion to glass plate surface. It has been found that bitumen with cationic surface active substances under research differ significantly by adhesive activity and thermal stability.

Keywords: bitumen, surface active substance, adhesion to surface of glass plates, adhesive activity, thermal stability index.

Постановка проблеми. Тривала водостійкість та морозостійкість асфальтобетонних покриттів суттєво залежить від адгезійної активності нафтових бітумів, які використовуються для приготування асфальтобетонних сумішей. Чим більша активність органічного в'язучого, тим більша водо- та морозостійкість асфальтобетону. Відомі способи підвищення показника зчеплення бітуму з поверхнею мінеральних матеріалів які полягають у введенні до їх складу поверхнево-активних речовин. На сьогодні в дорожній галузі України широкого застосування набули катіонні поверхнево-активні речовини, які забезпечують підвищення адгезійної активності бітумів по відношенню до мінеральних матеріалів з кислих гірських порід. Наявність на ринку поверхнево-активних речовин різних вітчизняних та закордонних виробників вимагає оцінки їх ефективності за показником зчеплення півки бітуму з поверхнею мінеральних матеріалів або скляних пластин згідно з [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищенню адгезійної активності бітумів по відношенню до мінеральних матеріалів з кислих гірських порід присвячена значна кількість досліджень [2-6]. Експериментально встановлено, що поверхнево-активні речовини (ПАР) змінюють термодинамічні властивості нафтових дорожніх бітумів. Порівняльний аналіз результатів досліджень свідчить про те, що додавання катіонних ПАР в нафтові дорожні бітуми та бітумополімери викликає зменшення значення крайового кута змочування, збільшення величини коефіцієнта розтікання, термодинамічної роботи сил змочування та адгезії. Адгезійні добавки покращують показник зчеплення бітумів з поверхнею мінеральних матеріалів та суттєво підвищують тривалу водостійкість і морозостійкість асфальтобетонів. Модифікація бітумів

©В.К.Жданюк, А.А.Шурупова

поверхнево-активними речовинами дозволяє зменшити енергоємність приготування асфальтобетонних сумішей.

Експериментально встановлено, що оптимальна концентрація ПАР в бітумі залежить від ефективності ПАР, адгезійної здатності вихідного бітуму та хіміко-мінералогічного складу мінерального матеріалу. Згідно [7] ефективність ПАР визначається за показником адгезійної активності та індексу термостабільності.

Мета дослідження. Дослідження впливу катіонних ПАР різних виробників на показник зчеплення бітуму з поверхнею скляних пластин, а також показник адгезійної активності, індекс термостабільності та основні властивості бітуму.

Основні результати дослідження. Для порівняльних досліджень ефективності ПАР різних виробників був прийнятий нафтовий дорожній бітум марки БНД 60/90, який характеризувався показником зчеплення бітуму з поверхнею скляних пластин на рівні 17 %, та наступні ПАР: «Stardop», «Iterlene in 400-S», «Iterlene in 400-S1», «Iterlene PE-31», «Wetfix BE», «Адбит- Р». Загальний вигляд чотирьох скляних пластин після випробування вихідного бітуму наведено на рис. 1.



Рис. 1. Скляні пластини після випробування бітуму марки БНД 60/90

Показник зчеплення з поверхнею скляних пластин, показник адгезійної активності та індекс термостабільності визначали згідно [1,7]. Показник адгезійної активності розраховували як відношення величини зростання показника зчеплення з поверхнею скляних пластин бітуму після введення до його складу ПАР до вмісту ПАР в бітумі. Індекс термостабільності ПАР характеризує здатність бітуму з добавкою ПАР після прогрівання зберігати значення показника зчеплення з поверхнею скляних пластин. Чим менше значення індексу термостабільності, тим більш термостабільний бітум з ПАР.

Результати експериментальних досліджень впливу ПАР різних виробників на основні властивості бітуму наведені в таблицях 1 та 2. Результати досліджень свідчать про зростання показника зчеплення півки бітуму з поверхнею скляних пластин при збільшенні концентрації ПАР у складі бітуму. При додаванні у склад бітуму 0,4 % досліджуваних ПАР показник зчеплення з поверхнею скляних пластин досягає максимального значення, окрім добавки «Iterlene in 400-S», яка забезпечує бітуму значення вказаного показника на рівні 87 %. Бітуму з вказаною ПАР також властиве найменше значення показника адгезійної активності, порівняно з іншими ПАР. Серед шести досліджених ПАР добавка «Iterlene in 400-S» знаходиться на передостанньому місці за індексом термостабільності, а на останньому місці «Iterlene in 400-S1». При цьому, при найменшій концентрації ПАР (0,1 %) у складі бітуму найбільше значення показник зчеплення з поверхнею скляних пластин властиве бітуму з добавкою «Iterlene in 400-S1», порівняно з іншими ПАР.

Властивості бітуму з добавками ПАР

Ч.ч	Назва та вміст ПАР	Властивості бітуму				
		Пенетрація за температури 25 °С, мм ¹	Температура розм'якшення °С	Дуктильність за температури 25 °С, см	Показник зчеплення, %	Температура крижкості °С
1	БНД 60/90	71	50	61	17	-19
2	БНД 60/90+ 0,1 % Stardop	71	51	>100	34	-19
3	БНД 60/90+ 0,2 % Stardop	66	51	>100	78	-19
4	БНД 60/90+ 0,3 % Stardop	64	51	>100	88	-19
5	БНД 60/90+ 0,4 % Stardop	63	51	>100	100	-19
6	БНД 60/90+ 0,1 % Wetfix	77	50	>100	78	-20
7	БНД 60/90+ 0,2 % Wetfix	78	51	>100	82	-20
8	БНД 60/90+ 0,3 % Wetfix	77	51	>100	90	-19
9	БНД 60/90+ 0,4 % Wetfix	77	51	>100	100	-19
10	БНД 60/90+ 0,1 % Iterlene in 400-S	66	51	>100	66	-21
11	БНД 60/90+ 0,2 % Iterlene in 400-S	66	51	>100	68	-21
12	БНД 60/90+ 0,3 % Iterlene in 400-S	65	51	>100	72	-21
13	БНД 60/90+ 0,4 % Iterlene in 400-S	65	51	>100	87	-21
14	БНД 60/90+ 0,1 % Iterlene in 400-S1	62	50	>100	93	-20

15	БНД 60/90+ 0,2 % Iterlene in 400-S1	62	50	>100	96	-20
16	БНД 60/90+ 0,3 % Iterlene in 400-S1	61	50	>100	98	-21
17	БНД 60/90+ 0,4 % Iterlene in 400-S1	61	50	>100	100	-21
18	БНД 60/90+ 0,1 % Iterlene PE-31	63	50	>100	31	-18
19	БНД 60/90+ 0,2 % Iterlene PE- 31	63	50	>100	80	-19
20	БНД 60/90+ 0,3 % Iterlene PE-31	62	50	>100	98	-19
21	БНД 60/90+ 0,4 % Iterlene PE-31	62	51	>100	100	-19
22	БНД 60/90+ 0,1 % Адбит- P	66	50	>100	50	-18
23	БНД 60/90+ 0,2 % Адбит- P	66	50	>100	76	-18
24	БНД 60/90+ 0,3 % Адбит- P	65	50	>100	98	-18
25	БНД 60/90+ 0,4 % Адбит- P	65	50	>100	100	-18

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості бітуму з ПАР після прогрівання

Ч.ч	Назва та вміст ПАР	Властивості бітуму					
		Зміна маси після прогрі- вання, %	Зміна темпера- тури роз- м'якшен- ня, °С	Залишко- ва пене- трація, %	Темпера- тура крихкості, °С	Показник адгезій- ної актив- ності	Індекс термоста- більності
1	0,4 % Stardope	0,2	5	70	-17	207	14
2	0,4 % Iterlene in 400-S	0,2	4	67	-18	175	51
3	0,3 % Iterlene in 400-S1	0,2	4	67	-18	263	63
4	0,3 % Iterlene	0,3	4	71	-19	270	34

	PE-31						
5	0,3 % Wetfix BE	0,3	4	58	-18	243	44
6	0,3 % Адбит-Р	0,3	4	76	-17	270	20

Аналіз результатів досліджень, наведених в таблиці 2, вказує на те, що серед досліджених ПАР найбільшим показником адгезійної активності характеризується бітум з добавкою «Адбит-Р» та «Iterlene PE-31». При цьому висока термостабільність властива бітуму з ПАР «Stardope» та «Адбит-Р».

Висновки. Модифікація бітумів катіонними поверхнево-активними речовинами забезпечує зростання їх адгезійної активності по відношенню до поверхні мінеральних матеріалів із кислих гірських порід. Основним критерієм вибору ефективних поверхнево-активних речовин та їх оптимального вмісту у бітумі є показник зчеплення плівки модифікованого бітуму з поверхнею мінерального матеріалу, який використовуватиметься для приготування асфальтобетонних сумішей, або ж влаштування поверхневої обробки. Індекс термостабільності є важливим критерієм, який необхідно враховувати при виборі ПАР, оскільки бітуми з ПАР різних виробників можуть мати однаково високі значення показника зчеплення з поверхнею скляних пластин та мінеральних матеріалів і, одночасно, бути недостатньо термостабільними. Результати експериментальних досліджень підтверджують, що при однакових значеннях показника зчеплення з поверхнею скляних пластин, бітум з дослідженими ПАР відрізняється за значенням індекса термостабільності в 1,4 – 4,5 рази, та в 1,02 – 1,50 рази за величиною показника адгезійної активності. Серед досліджених добавок високі значення показника зчеплення з поверхнею скляних пластин, індекса термостабільності та показника адгезійної активності властиві бітуму з ПАР «Адбит-Р» та «Stardope», що свідчить про їх високу ефективність. Інші досліджені ПАР є менш ефективними за критерієм термостабільності. При цьому їм властиві високі значення показника зчеплення з поверхнею скляних пластин.

1. ДСТУ Б В.2.7-81-98 Будівельні матеріали. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Метод визначення показника зчеплення з поверхнею скла та кам'яних матеріалів.
2. Кучма М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.
3. Технические поверхностно-активные вещества из вторичных ресурсов в дорожном строительстве / Под и т. Королева И.В. – М.: Транспорт, 1991. – 144 с.
4. Zhdanyuk V., Ivzhenko A. Criteria of choice of stone materials for manufacture of asphalt mixes and performance of water-resistant pavements in Ukraine // IX International Conference «Durable and safe road pavements», Kielce, Poland, 2003.- p. 213-220.
5. Гридчин А.М., Бабаев Д.А., Шухов В.И., Бабаев В.И. Асфальтобетон на основе и тума с добавкой ПАВ «Таламид-Н» // Вестник БГТУ.- №9.-2005.- С.333-336.
6. Космин А.В., Кудрявцева-Вальдес С.В., Степанович А.В. Повышение водостойкости асфальтобетона с добавками поверхностно-активных веществ // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів», Харків, ХНАДУ.-2010.- С.202-205.
7. ВБН В.2.7-219-176-2003 Будівельні матеріали. Застосування поверхнево-активних речовин в дорожніх технологіях з використанням бітумів.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2014

УДК 656.13

М.М.Жук, М.О.Афонін
Національний університет «Львівська політехніка»
ВПЛИВ ЧАСУ ПЕРЕБУВАННЯ ЗА КЕРМОМ ТА УМОВ РУХУ НА
ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

Розглянуто вплив часу перебування за кермом в різних умовах руху на функціональний стан водія. Досліджено зміну індексу напруження водіїв в різних умовах руху. Встановлено тенденцію зміни психофізіологічного напруження водія при зміні дорожніх умов.

Ключові слова: умови руху, водій, індекс напруження, час перебування за кермом, функціональний стан.

Рис 5. Літ 10.

Н.Н.Жук, М.А.Афонин
ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ЗА РУЛЕМ И УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ НА
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДИТЕЛЯ

Рассмотрено влияние времени пребывания за рулем в различных условиях движения на функциональное состояние водителя. Исследовано изменение индекса напряжения водителей в различных условиях движения. Установлено тенденцию изменения психофизиологического напряжения водителя при изменении дорожных условий.

Ключевые слова: условия движения, водитель, индекс напряжения, время пребывания за рулем, функциональное состояние.

M.Zhuk, M.Afonin
EFFECT OF DRIVING TIME AND ROAD CONDITIONS ON THE DRIVER'S
FUNCTIONAL CONDITION

The interaction between a person and a car for a long time is in terms of engineering psychology, ergonomics and psychophysiology. Considering the issue of road safety, much attention is paid to the functional condition of drivers (FC). One of the tasks of scientific research in this area is to analyze the impact of road conditions on the level of intensity of the driver and the quality of his work. Nowadays the problem of driver's functional condition determining is not solved, while there are many factors, which can affect the driver, moving on one way or another. The role of these factors is the main question, which authors want to resolve. In this work there was considered the influence of time spent driving in different road conditions on the driver's functional condition. The change of stress index of drivers in different driving conditions was investigated too. Also there was established trend of psychophysiological stress of the driver while road conditions were changing. The main aim of research is definition of dynamical process which envied increasing or decreasing driver's stress index. The results of research work are submitted graphical and mathematical models.

Keywords: traffic conditions, the driver, the stress index, driving time, functional state.

Постановка проблеми

Дослідження у сфері транспорту як в Україні, так і за її межами з кожним роком все більше стосуються вивчення ролі людського фактору. У системі «людина-машина» вони набули розвитку ще з середини 50-х років минулого сторіччя [8]. Цю взаємодію розглядали з точки зору інженерної психології, ергономіки та психофізіології. При розгляді питань безпеки дорожнього руху, велика увага приділяється функціональному стану водіїв (ФС). Одним із завдань у цій сфері є аналіз впливу дорожніх умов на рівень напруженості водія та якість його роботи [3]. Для різного типу місцевості геометричні параметри автомобільних доріг відрізняються між собою. Постає питання: як змінюється функціональний стан водія під час руху за певних умов та як проходить зміна напруження водіїв при переході від одних умов до інших при безперервному русі. В питаннях безпеки руху, в першу чергу, звертають увагу на особливості дорожніх умов та конструктивних параметрів автомобільних доріг, а інформація щодо ролі людини часто упускається. У міру розвитку технічних можливостей дорожніх досліджень ці відомості поповнюються, але постійно зростаючий рівень автомобілізації в усьому світі ставить нові завдання в організації руху та підвищення його безпеки [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

За останні півстоліття розроблена велика кількість методів для дослідження психофізіологічних якостей водіїв. Ряд дослідників вважає, що основним фактором, який описує поведінку водія на дорозі є його реакція на різні подразники [8]. Для таких досліджень використовується визначення шкірно-гальванічної реакції та електроокулограма. Показники, що отримуються такими методами описують реакцію організму на зміну дорожньої обстановки, електроокулограма записує рух очей, так можна визначити найбільші подразники, що

привертають увагу водія [2]. Інші автори більш схиляються до того, що для визначення ФС водія найкраще підходить метод електрокардіографії, а саме математичний аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) [2]. Згідно цього методу вирізняють такий показник як індекс напруження (ІН). В здорової людини в спокійному стані він є не більшим за 150 у.о., у випадках фізичного та емоційного навантаження збільшується у 2-3 рази, при явному перенапруженні людини він зростає у 5-10 разів [1]. Залежність часу реакції водія від його функціонального стану розглянуто в роботі [5]. В багатьох працях досліджувався вплив певних умов руху(висотна поясність гірської дороги) на психофізіологічні показники водія [6], також був проведений аналіз зміни психофізіологічного навантаження водіїв вантажних автомобілів [9]. Автори роботи [7] провели аналіз зміни показників ВСР за різних умов руху, при чому, розглядався рух містом, рівниною та горами. Вплив окремих елементів автомобільних доріг на ФС водія розглядається в роботі [4], де проаналізовано залежність частоти серцевих скорочень (ЧСС) від швидкості руху по горизонтальних кривих різного радіусу.

Аналіз невирішених раніше частин загальної проблеми

Раніше не зустрічались роботи, де було розглянуто вплив одних дорожніх умов на певній ділянці на динаміку зміни ФС водія після її проходження. Залежність зміни показників ВСР від часу перебування за кермом в різних умовах руху розглядалась в роботі [7]. Проте, не було розглянуто порівняння впливу часу перебування за кермом та попередніх ділянок доріг при русі наступною. Ця проблема є досить актуальною, оскільки велика кількість поїздок автомобільним транспортом проходить як містом, так і рівнинною та гірською місцевістю в одному маршруті. Недостатньо констатувати той факт, що для кожних дорожніх умов є своя величина емоційного та фізичного навантаження на водія. При довгих поїздках необхідно враховувати адаптацію водіїв до нових умов руху, оскільки він у деякий час перебуває під впливом попередніх.

Мета дослідження

Основною метою досліджень є встановлення залежності психофізіологічного напруження водія від часу перебування за кермом в рівнинних дорожніх умовах та при попередньому проходженні гірської ділянки дороги.

Аналіз результатів досліджень

Першим етапом досліджень було встановлення початкових даних, тобто визначення ІН водія в спокійному стані. Цей стан буде порівнюватись із наступними результатами. Рівниною вважаються дороги, що проходять на висоті до 600 м. над рівнем моря та звивистістю до 0,55. Гірськими умовами руху ті, які проходять на висоті понад 600м. над рівнем моря та звивистістю більше 0,55 [10]. Дослідження проводились за допомогою приладу CardioSens, інформація оброблялась у програмному середовищі CardioLab. Результати подані у вигляді графіку (Рис.1).

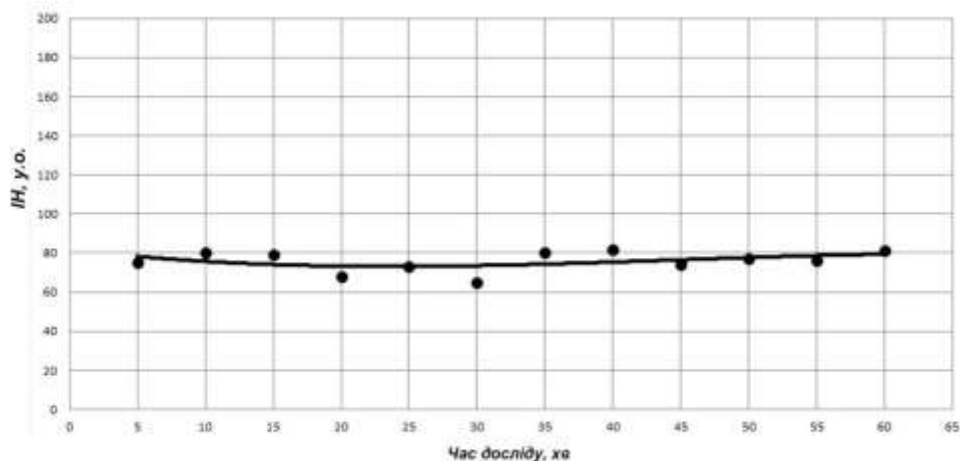


Рис. 1. Визначення ІН водія в спокійному стані

Як видно із графіку величина ІН водія в спокійному стані коливається від 60 до 80 у.о., цей показник знаходиться в нормі. Такі значення надалі будуть прийняті для порівняння.

Наступним кроком було дослідження функціонального стану водія при русі гірською місцевістю. Як відомо, на гірських дорогах режим руху є постійно ускладненим. Велика кількість кривих, зміна висотної поясності та незручний швидкісний режим негативно впливають на

працездатність водія. Дослідження проводились на маршруті Сколе – Нижні ворота, довжиною 58 км. Схема маршруту показана на рис. 2.

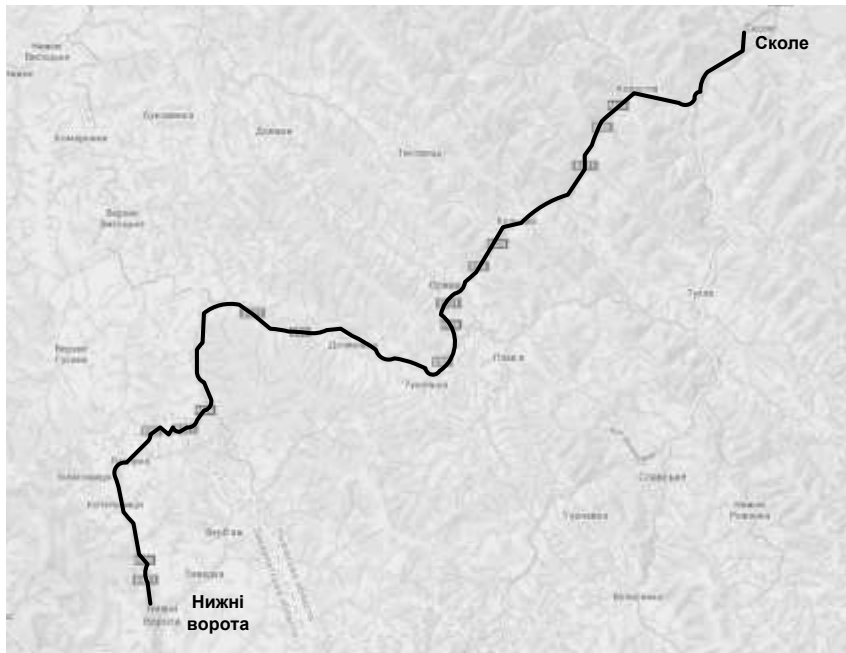


Рис. 2. Схема маршруту, для досліджень в гірських умовах

Як видно із схеми маршруту геометричні параметри дороги в цих умовах є складними: зустрічається велика кількість горизонтальних кривих з різними радіусами заокруглення. Результати досліджень показані у вигляді залежності на рис. 3.

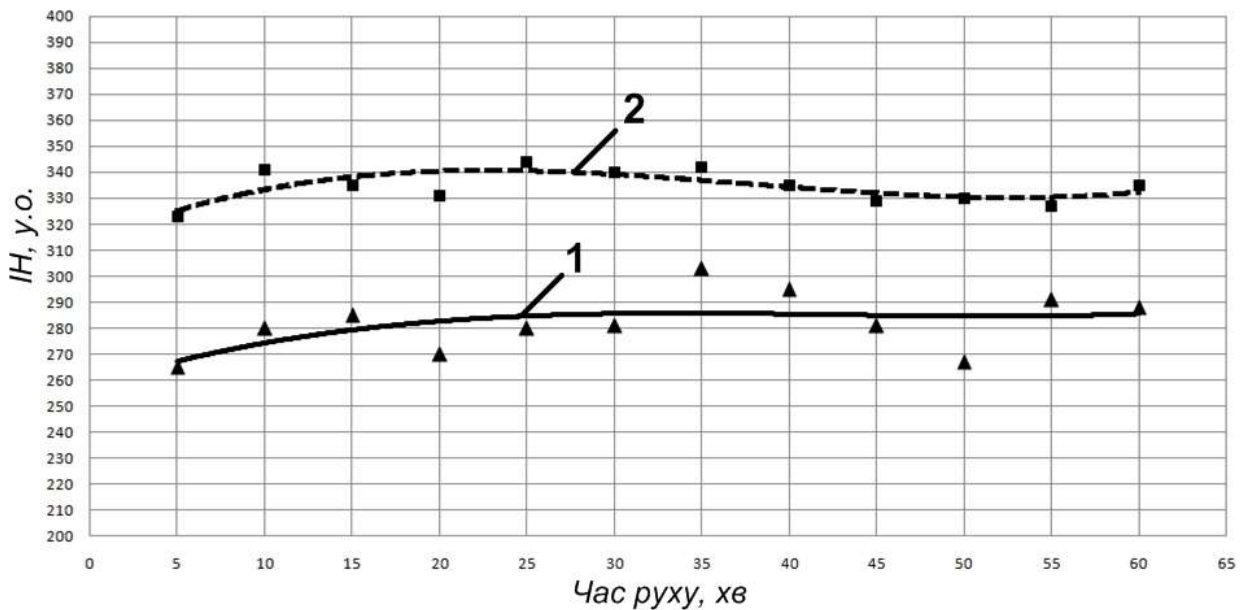


Рис. 3. Зміна ІН водія від часу руху гірською місцевістю
1 – перша година їзди; 2 – друга година їзди.

Щодо гірських умов руху, можна стверджувати, що ІН знаходиться в межах від 260 до 300 у.о. при русі попередньою ділянкою та від 320 до 340 у.о. в наступну годину їзди. Це свідчить про постійне сильне емоційне навантаження на водія, особливо, коли час перебування за кермом зростає. Це викликано складними умовами руху (великою кількістю кривих в плані, зміною висотної поясності та станом підвищеної уваги).

Дослідження, що проводились в рівнинних умовах руху розділені на два етапи: спочатку фіксувались результати, отримані при русі рівниною за маршрутом Сколе - Стрий – Львів.

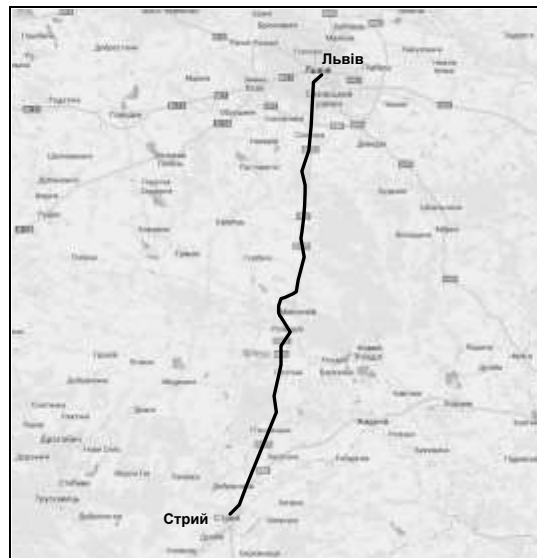


Рис. 4. Схема маршруту, для досліджень на рівнині

Маршрут, що проходить рівнинною місцевістю є значно простішим. Зустрічається велика кількість прямих горизонтальних ділянок, а радіуси кривих є досить великими, до того ж в таких умовах спостерігаються оптимальні швидкісні режими руху.

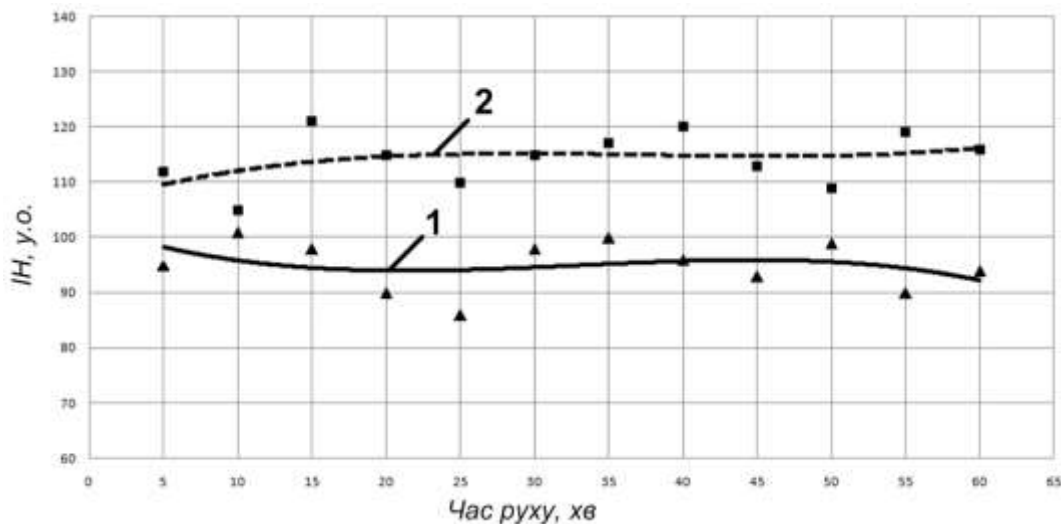


Рис. 5. Зміна ІН водія від часу руху рівнинною місцевістю
1 – перша година їзди; 2 – друга година їзди.

За результатами досліджень встановлено, що водій, який рухається рівнинною місцевістю перебуває в оптимальному стані, вплив інформаційного та фізичного навантаження на нього є незначним, проте напруження зростає із певним часом. Порівнюючи зміну ІН, можна стверджувати, що в другому випадку (після проходження попередньої ділянки) він є вищим на 10-20 у.о.. Цей показник є досить близьким до того, що у спокійному стані. Це пояснюється тим, що дорожні умови можна віднести до простих, немає великої кількості кривих малого радіусу, швидкісний режим є оптимальним.

Висновки

За результатами роботи досліджено вплив дорожніх умов на функціональний стан водія. Встановлено, що при русі рівниною ІН водія збільшується, в середньому, на 20% порівняно із спокійним станом в першу годину їзди та зростає до 40% коли тривалість поїздки збільшується до двох годин. При русі гірською місцевістю цей показник збільшується у 3 рази при спостереженні в першу годину руху та в 4 рази у випадку, коли тривалість поїздки перевищує годину, що свідчить про стан підвищеної напруги чи навіть перенапруги. Причиною цього є складні умови руху.

Такі результати показують залежності психофізіологічного напруження водія від часу руху за різних дорожніх умов. Можна стверджувати, що режим праці та відпочинку водіїв повинен

дещо розмежовуватись для різних дорожніх умов. Очевидно, що при русі гірською місцевістю напруження водія зростає щогодини, а втома настає значно швидше, ніж при русі в простих рівнинних умовах. Таким чином, необхідно при розробці маршрутів руху та плануванні поїздок враховувати дорожні умови

1. Баєвський, Р.М. Математичний аналіз зміни серцевого ритму при стресі / Р.М. Баєвський, О.М. Кирилов, С. З. Клецкин. - М: Наука, 1984. - 222с.
2. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. посібник / Н.У. Гюлев. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 185 с.
3. Давідіч Ю.О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Х: ХНАМГ, 2011. – 392 с.
4. Доля В.К. Особливості дорожньої поведінки водія та зміна його психофізіологічних характеристик за різних швидкісних режимів, зумовлених недостатньою видимістю / В.К. Доля, Ю.Я. Ройко // Вісник СНУ ім. Володимира Даля - 2010. - №7 – С. 1 - 3.
5. Жук М.М. Методика досліджень впливу психофізіологічних особливостей водія на час його реакції у реальних умовах/ М.М. Жук, В.В. Ковалишин // Комунальне господарство міст, - 2012. - №108 – С. 479-484.
6. Жук М.М. Вплив висотної поясності на стан водія при русі у гірській місцевості / М.М. Жук, М.В. Бойків // Східноєвропейський журнал передових технологій. - 2013. - №61 – С. 33-35.
7. Жук М.М. Зміна показника активності регуляторних систем водія за різних умов руху / М.М. Жук, Т.М. Постранський, М.О. Афонін // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології - 2013. - №5 – С. 79-81.
8. Лобанов Є. М. Проектування доріг та організація руху з урахуванням психофізіології водія / Є. М. Лобанов - М.: Транспорт, - 1980.-312с.
9. Ходош М.С. Організація, економіка та управління перевезенням вантажів автомобільним транспортом / М.С. Ходош, Б.А. Дасковский. – М.:Транспорт, 1989. – 287 с.
10. Оріховський І.І. До питання звивистості автомобільних доріг в гірській місцевості / І.І.Оріховський, С.Я.Дробишинець, В.П.Лобацький // Наукові нотатки: міжвуз. зб. - 2006. - №19 – С. 256-260.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2014

Д.Ю.Журавлев, Я.В.Курыляк, А.Б.Стадник

**Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
ЭНЕРГОНАГРУЖЕННОСТЬ ФРИКЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАР ТРЕНИЯ
БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ**

Проиллюстрирована энергонагруженность фрикционного взаимодействия трибологической системы барабанно-колодочного тормоза с точки зрения ее удельной энергоемкости и удельной работы разрушения поверхностных и подповерхностных слоев элементов трения.

Ключевые слова: пары трения, барабанно-колодочный тормоз, фрикционное взаимодействие, поверхностный и подповерхностный слой, удельная: энергоемкость, работа разрушения.

Табл 2. Форм 2. Лит 6.

Д.Ю.Журавльов, Я.В.Куриляк, А.Б.Стадник

**ЕНЕРГОНАВАНТАЖЕНІСТЬ ФРИКЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПАР ТЕРТЯ БАРАБАННО-
КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ**

Проілюстрована енергонавантаженисть фрикційної взаємодії трибологічної системи барабанно-колодкового гальма з точки зору її питомої енергоємності та питомої роботи руйнування поверхневих і підповерхневих шарів елементів тертя.

Ключові слова: пари тертя, барабанно-колодкового гальма, фрикційне взаємодія, поверхневий і підповерхневий шар, питома: енергоємність, робота руйнування.

D.Zhuravlov, Ya.Kurylyak, A.Stadnyk

**ENERGY LOADING OF THE FRICTION INTERACTION OF THE FRICTION PAIRS OF THE
DRUM-BLOCK BRAKES**

The article demonstrates the energy loading of the tribological system friction interaction of the drum-block brake in terms of its specific energy and specific demolishing performance of the surface and subsurface layers of the friction elements. The research shows that a lack of knowledge about the temperature effects (the limit of inflammability, the surface temperature, the heat content) and the emerging temperature gradients (surface and depth materials) on the demolishing and friction characteristics of the metal-polymer tribosystems reduce the utilization range of the polymeric materials in the friction assemblies of the braking devices. In the drum-block brakes with metal-polymer friction pairs there exists the metal rim of the drum in the processes of electromechanic friction and intervals between the slowdowns of the heat energy by the accumulator and the polymer lining can be found between the positive and negative charges of the accumulator. In addition, the paper presents and analyzes the physical and mechanical properties of the friction material "Tribonit TR-9", currently used for the linings in the braking devices. The classification of the basic physical effects that emerged in the polymer overlay during its performance in the friction assembly is outlined. The author describes two methods to evaluate the demolishing and friction properties at increased surface temperatures during the heating of the friction linings used in testing vehicles with drum-block brakes. The effect of the surface irregularities of the drum rim on the braking process is disclosed. The dimensions to calculate the energy loading of the frictional interaction of the tribosystem materials are given. It should be noted that the strength properties of the new phases of the secondary structures on the friction surfaces are secondary, that's why there is no direct correlation between the intensity of wearing and volumetric properties of the basic material. The research results are relevant as they answer the question what processes occur in the friction pairs during the friction of the drum-block brakes which lead to their impetuous deterioration and, as a result, to the break down of the brakes.

Keywords: friction pairs, drum-block brake, friction interaction, surface and subsurface layers, specific energy, specific demolishing performance.

Введение. Ограниченный объем знаний о влиянии температур (вспышки, поверхностной и объемной) и возникающих при этом температурных градиентов (поверхностных и по глубине материалов) на износотрибологические характеристики металлополимерных трибосистем снижает диапазон использования полимерных материалов в узлах трения тормозных устройств [1]. В реальных узлах трения весьма часто приходится сталкиваться с присутствием отрицательного температурного градиента по толщине поверхностного и подповерхностного слоя полимерной накладки из-за фазовых переходов первого и второго рода, вызванных деструктивными и сублимационными процессами. В этом случае максимальная объемная температура находится внутри объема полимерной накладки, т.е. на границе раздела жидкой и твердой фазы ее материалов. В барабанно-колодочном тормозе с металлополимерными парами трения металлический обод барабана является в процессах электротермомеханического трения и пауз

©Д.Ю.Журавлев, Я.В.Курыляк, А.Б.Стадник

между торможениями аккумулятором тепловой энергии, а полимерная накладка – аккумулятором положительных и отрицательных зарядов. Кроме того, в процессах торможения они выполняют роль якоря и статора генератора.

Состояния проблемы. Наличие "букета" процессов, явлений и эффектов в поверхностном и подповерхностном слоях полимерных накладок заставляет обратить внимание на их характеристики.

На основании ТУ У6-05495578.006.97 в табл. 1 приведены эксплуатационные и физико-механические характеристики фрикционного изделия "Трибонит ТР-9", используемого в настоящее время для накладок в тормозных устройствах. Проанализируем некоторые из характеристик.

Таблица 1

Эксплуатационные и физико-механические характеристики фрикционного изделия "Трибонит ТР-9"

Х а р а к т е р и с т и к и :			
эксплуатационные		Физико-механические	
Удельные нагрузки –	до 1,15 МПа	Плотность материалов –	1,8 – 2,0 г/см ³
Толщина накладки –	до 14,0 мм	Твердость по Шору –	70 – 95
		Динамический коэффициент трения –	0,4 – 0,5
		Линейный износ не более –	0,25 мм
		Температуры:	
Температуры:		Воспламенения –	375°С
допустимая поверхностная –	300°С	Самовоспламенения –	425°С
окружающего воздуха –	до (-60°С)		

Удельные нагрузки превышающие 1,15 МПа будут способствовать разрушению поверхностного слоя накладки. Линейный износ (максимальный) за одно торможение регламентирован до 0,25 мм. Допустимая величина износа накладки по толщине составляет 8,0 – 9,0 мм. Разность температур между воспламенения и допустимой с одной стороны и самовоспламенения и допустимой с другой стороны составляет, соответственно, 75,0 и 125,0°С. Температуры воспламенения и самовоспламенения поверхностных слоев полимерных накладок являются предохранительным фактором, который исключает электрический или тепловой взрыв металлических включений, находящихся в их слоях. Таким образом достигается предотвращение явления пиролиза в поверхностных и подповерхностных слоях накладок [2].

При испытании транспортных средств с барабанно-колодочными тормозами производится нагревание их фрикционных накладок, которое необходимо для оценки износофрикционных свойств при повышенных поверхностных температурах, производится двумя способами. Первый способ реализуется нагреванием в условиях, когда заданы параметры единичного торможения, их частота и количество. Диапазон максимально допустимой температуры при этом не является лимитированным, а зависит от теплофизических свойств материалов накладки и интенсивности торможений. Второй способ реализуется нагреванием накладок до заданного значения поверхностной температуры при определенных параметрах единичного торможения. Количество единичных торможений в этом случае не лимитируется. При испытании фрикционных накладок барабанно-колодочных тормозов принимается допустимая поверхностная температура 300°С [3].

Цель работы - оценка энергонагруженности фрикционного взаимодействия металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов.

Энергетические уровни поверхностных и подповерхностных слоев полимерных накладок. Активные диэлектрики являются материальной средой, позволяющей достигать непосредственного преобразования энергии и информации. Указанные преобразовательные функции обусловлены физической структурой и химическим составом фрикционных полимерных материалов и их поверхностных и подповерхностных слоев. В табл. 2 приведена классификация основных физических эффектов, которые появились в той или иной степени в полимерной накладке при ее работе во фрикционном узле.

Таблица 2

Основные эффекты в «активных» (smart) диэлектриках

Отклик	Механический	Электрический	Магнитный	Тепловой
Воздействие				
1	2	3	4	5
Электрическое поле	Обратный пьезоэффект	Поляризация, электрический ток	Электромагнитный эффект	Электрокалорический эффект
Магнитное поле	Магнито-стрикция	Магнитоэлектрический эффект	Намагничивание	Магнитокалорический эффект
Механические напряжения	Деформация	Прямой пьезоэффект	Пьезомагнитный эффект	Упруго-тепловой эффект
Изменение теплоты	Термическое расширение	Пироэлектрический эффект	Терромагнитный эффект	Теплоемкость

Для систематизации и наглядности использовали метод «воздействие-отклик». Воздействие на полимерную накладку производится извне при торможении. При этом в зависимости от режима нагружения фрикционного узла в накладке возникают различные поля (механические, электрические, магнитные и тепловые). В полимерных накладках основное совместное воздействие оказывает электрическое и тепловое поле. При изучении воздействия на них других видов полей (механического, магнитного и химического) необходимо учитывать изменение электрических свойств ее поверхностных и приповерхностных слоев. Под «откликом» фрикционных материалов полимерной наклейки подразумевают индуцированные в них физические явления. Это может быть не только электрический или тепловой ток, вызывающие возникновение электрического потенциала (создаваемый зарядами на поверхности и в приповерхностном слое полимерной наклейки), а также поверхностных и по толщине слоя наклейки температурных градиентов, но и деформации, намагничивание, поверхностные и объемные температуры и др. При этом необходимо помнить, что прирост поверхностной температуры никогда не превышает прирост объемной температуры в подповерхностном слое наклейки. Кроме того, до допустимой температуры материалов поверхностного слоя наклейки почти не принимает участие в теплообменных и теплопередающих процессах. За счет накопления объемных зарядов на поверхности полимерных накладок в процессах электротермомеханического трения происходит искровой разряд способствующий массопереносу с их поверхностей частиц на рабочую поверхность металлического фрикционного элемента. В тот момент на микроуровне создается новая пара "полимер - полимер", т. е. в этом случае происходит экранирование контртела. Оживление теплообменных и теплопередающих процессов на поверхности накладок происходит в том случае, когда на их поверхностях развиваются температуры выше допустимой для фрикционных материалов, вызывающие деструктивные процессы (происходит выгорание связующих компонентов). В этом случае возникают теплообменные схемы с одной стороны "поверхность наклейки – поверхность обода барабана" и с другой стороны "поверхность обода барабана – фланец барабана", в результате которых возникает термостабилизационное состояние обода барабана. Объясняется указанное явление минимальным температурным градиентом по толщине обода тормозного барабана [4].

Поверхностное состояние полимерной наклейки при любых температурах является основой для создания двойных электрических слоев типа "поверхность обода барабана – поверхность наклейки" и "поверхность наклейки – подповерхностный слой жидкого состояния ("электролита") наклейки". Возникающая при этом трибоЭДС генерируется в электрические токи, которые и усиливают температурное поле поверхностного слоя полимерных накладок.

Влияние шероховатости поверхностей фрикционных узлов на их теплонагруженность. Обработанная рабочая поверхность тормозного барабана как бы она ни была совершенна, имеет отличия профиля поверхностей от геометрической формы, заданной чертежами детали. Для данных фрикционных узлов в чертежах не указывается требуемое

©Д.Ю.Журавлев, Я.В.Курыляк, А.Б.Стадник

направление следов обработки, которое оказывает влияние на фрикционные свойства контакта. Согласно работы [3] различают макроотклонения (нерегулярное отклонение поверхности от правильной геометрической формы), волнистость (более или менее периодические макроотклонения от геометрической формы детали, представляющие собой практически равные по размерам возвышения и впадины) и шероховатость (макроотклонения геометрического профиля волнистой поверхности от геометрической формы). И. В. Крагельский на основе молекулярно-механической теории трения обосновал и показал экспериментально, что по мере снижения шероховатости от грубой поверхности до зеркально гладкой сила трения сначала уменьшается, затем остается постоянной, а при низкой шероховатости увеличивается. Однако известно, что для снижения деформационной составляющей трения надо уменьшить высоту микронеровностей и увеличить опорную площадь поверхности, что приведет к уменьшению удельных нагрузок в зоне контакта, и как следствие, к снижению ее поверхностных температур. В то же время для снижения адгезионной составляющей трения надо, наоборот, увеличить высоту микронеровностей и уменьшить опорную площадь поверхности, что незамедлительно приведет к возникновению больших удельных нагрузок и высоких локальных ее поверхностных температур.

В барабанно-колодочном тормозе за цикл торможения изменение шероховатостей при приработке осуществляется за счет контактирования мягкого фрикционного материала, т.е. наружных поверхностей фрикционных накладок (НВ 12-45) с твердым, т.е. внутренней поверхностью тормозного барабана (НВ 207-250) обусловлено подстройкой шероховатостей поверхностей накладок под шероховатости поверхностей металлических фрикционных элементов.

На рабочих поверхностях фрикционных узлов происходит следующее. При относительном перемещении микронеровности рабочей поверхности тормозного барабана, скользя по наружным поверхностям фрикционных накладок, оттесняют ее материал, образуя перед собой волны (валики). В связи с большими размерами номинальной площади соприкосновения пар трения образуются десятки волн, по которым происходит их контактирование. Волны в общем случае имеют форму вытянутых эллипсоидов. При контакте волны испытывают в основном упругую деформацию, а микронеровности, расположенные на них, претерпевают упругую и пластическую деформацию. При упругих деформациях в процессе приработки в зонах взаимодействия пар трения фрикционных узлов тормоза вследствие изнашивания их поверхностей разрушаются те микронеровности, которые подвержены наибольшим, силовым воздействиям (набегающие участки поверхностей фрикционных накладок). В результате появляются новые микронеровности на рабочих поверхностях фрикционных узлов тормоза, отличные по своим размерам и форме от изношенных, вызывающих меньшее силовое воздействие. Такое взаимодействие рабочих поверхностей фрикционных узлов тормоза по истечении некоторого времени работы приводит к появлению установившейся шероховатости, которая в течении определенного промежутка времени не изменяется. Установившаяся шероховатость соответствует минимально возможному в данных условиях динамическим коэффициентом трения. При этом высота микронеровностей рабочих поверхностей фрикционных узлов тормоза допускается до 1,5-3,8 мкм.

Энергонагруженность фрикционного взаимодействия материалов трибосистем. Фрикционное взаимодействие относится к открытым термодинамическим системам, обменивающейся энергией и веществами со скоростными токами омывающей среды. Указанный обмен изменяет состав и свойства поверхностных и подповерхностных слоев материалов пары трения и определяет прочность и экранирующую способность новых самоорганизующихся вторичных структур – их качество. Вторичные структуры - формируются в результате кинетического фазового перехода, основой которого является совместное (синергетическое) действие деформационных, электрических, тепловых, адсорбционных, диффузионных и химических процессов.

Образование вторичных структур сопровождается процессами, явлениями и эффектами при:

- масштабном скачке когда все виды взаимодействия локализуются в тонкопленочном слое, т.е. вторичной структуре, когда глубина (h) активных слоев при нормальном износе уменьшается на 4 – 5 порядков по сравнению с глубиной слоев при повреждаемости;
- тепловой скачок когда фрикционные трибоЭДС усиливается трибоэлектрической ЭДС и поверхностная температура увеличивается в 2-3 раза;
- кинетическом скачке, когда скорости диффузии и химических реакций увеличиваются на 5 – 10 порядков возникает аномалия пластичности [5];

- формирование структурных и фазовых состояний, отличающихся от равновесных, когда вторичные структуры имеют бездислокационное фрагментарное строение, растворимость увеличивается на 3 – 5 порядков; образуются твердые растворы окислителей в металлах – вторичные структуры типа II.

Механо-деформационные процессы обуславливают упорядоченность структуры: измельчение, ликвидацию дефектов, ориентацию.

Физико-химические процессы обмена веществами со скоростными токами компонентов омывающих сред заключаются в изменении элементарного состава вторичных структур, обеспечивают эффект экранирования (прилипания) на фрикционном контакте. Рациональные по составу и свойствам вторичные структуры формируются в определенном интервале температур трения.

Выполняемая работа сил трения ($A_{тр}$) определяет энергетику активирования, кинетику образования и разрушения вторичных структур и их качество.

Упрощенное представление об импульсной силе трения F как о функции импульсной нормальной нагрузки оказалось несостоятельным как в теоретическом, так и в экспериментальном плане. Импульсная сила трения интегрально отражает действие всех факторов сложного электромеханического процесса трения. Установлено, что импульсная сила трения является не функцией импульсной нормальной нагрузки, а оператором A процессов, возникающих при том или ином сочетании импульсной нормальной нагрузки N , скорости скольжения v и вектора параметров трения C (свойства материалов, среды, температуры и т.п.) [5]:

$$F(N)=A(N, v, C) \quad (1)$$

Такое представление о силах и работе трения позволяет проанализировать процессы трансформации материалов в зоне электротермомеханического трения.

Исследование энергетического баланса электротермомеханического трения трибосистем с помощью метода колориметрирования позволило установить, что работа сил трения $A_{тр}$ в основном превращается в теплоту Q и аккумулируется в поверхностном и подповерхностном слоях трибосопряжения (ΔE), а затем с различным темпом передается в тело металлического и полимерного фрикционных элементов

$$A_{тр}=Q+\Delta E \quad (2)$$

При этом от условий трения зависит не только суммарная величина работы трения $A_{тр}$, но и соотношение между ее величиной и основными составляющими – количеством запасаемой ΔE и рассеиваемой энергии Q . Однако, здесь не все так просто, поскольку темп нагревания в сотни раз превышает темпы охлаждения элементов трибосопряжения. Основным результатом работы сил трения является контактная упругопластическая деформация – физическая основа структурно-термического активирования и определяющий фактор пассивации, кинетического фазового перехода и образования вторичных структур. В соответствии с представлениями механохимии пластическая деформация приводит к образованию реакционно активных ультрадисперсных ориентированных структур, взаимодействию их с активными скоростными токами компонентов омывающих сред (адсорбция, диффузия, химическая реакция и др.), генерированию электрических и тепловых токов и формированию защитных вторичных структур.

Для количественной оценки энергонагруженности используются критерии энергоемкости трибосистемы и удельной работы поверхностного разрушения [6].

Под общей энергоемкостью трибосистемы ($\mathcal{E}_{общ}$) понимается предельное количество энергии (суммарная плотность), которое может рассеивать и поглощать трибосистема до наступления повреждаемости ее поверхностных слоев. Наибольшее значение для практики имеет удельная энергоемкость трибосопряжения по температурному показателю \mathcal{E}_Q , характеризующая затраты работы трения $A_{тр}$ на повышение поверхностной температуры на 10°C

$$\mathcal{E}_Q=A_{тр}/\Delta T, \text{ Вт}/(\text{мм}^2 \cdot ^\circ\text{C}). \quad (3)$$

Удельная энергоемкость по структурному показателю ε характеризует затраты работы трения на увеличение степени пластической деформации.

Удельная работа разрушения A_p характеризует затраты работы трения $A_{тр}$ на удаление с поверхности трения единицы объема материала 1 мм^3 :

$$A_p=A_{тр}/\Delta V, \text{ Дж}/\text{мм}^3. \quad (4)$$

Необходимо отметить, что прочностные характеристики новых фаз вторичных структур на поверхностях трения являются вторичными, поэтому прямой корреляции между интенсивностью изнашивания и объемными свойствами основного материала нет. Однако геометрические параметры вторичных структур – толщина (h) и коэффициент заполнения зазоров между

микровыступами (k) – зависят от механических свойств материалов трибосопряжения, импульсной удельной нагрузки N и импульсной силы трения F . Интенсивность изнашивания поверхностей трибосопряжения описывается зависимостью вида

$$\dot{I} = (h / \tau)k, \quad (5)$$

где τ – продолжительность цикла образования, стабилизации и разрушения вторичных структур.

Следующим этапом работы является оценка интенсивности изнашивания металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств на основе полученных экспериментальных данных.

Выводы. Таким образом, показан подход к энергонагруженности фрикционного взаимодействия пар трения барабанно-колодочных тормозов с точки зрения оценки общей энергоемкостью трибосистемы, а также удельной работы разрушения ее поверхностных слоев.

1. Руденко Е. Г. Анализ испытаний фрикционных материалов тормозных устройств / Е. Г. Руденко, Л. И. Кобзева // Вестник СНУ им. Владимира Даля. – Луганск, 2009. - №11(141). – С.200-204.
2. Горячева И. Г. Механика фрикционного взаимодействия / И. Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 475 с.
3. Харламов П. В. Трибоспектральная идентификация и прогнозирование критического состояния подсистемы "тормозной диск – колодка" автомобиля: дисс. ...канд. техн. наук: 05.02.04 / Харламов Павел Викторович. – Ростов на Дону, 2009. – 164 с.
4. Диплом № 444 на открытие "Явление тепловой стабилизации в металлополимерных парах трения" от 18.01.2013 г авторов А. И. Вольченко, М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко, Н. А. Вольченко. – М.: Международн. академ. авторов научн. открыт. и изобрет. – Экспертиза заявки на открытие № А – 558 от 05.09.2012.
5. Поверхностная прочность материалов при трении / Под общ. редакц. Б. И. Костецкого. – Киев: Техника, 1976. – 296 с.
6. Поляков П. А. Повышение эффективности тяжело нагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / Поляков Павел Александрович. – Краснодар, 2013. – 157 с.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014

УДК 629.331

В.І. Захарчук, Ю.В.Захарчук
Луцький національний технічний університет
ОЦЕНКА ПОКАЗНИКОВ ДВИГУНА ПРИ ЙОГО РОБОТІ НА
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ

Описано метод оцінки та прогнозування енергетичних та паливо-економічних показників двигуна при використанні альтернативних палив за його зовнішньою швидкісною характеристикою, при побудові якої потужність двигуна визначається за теплою згоряння паливо-повітряних сумішей.

Ключові слова: двигун, альтернативне моторне паливо, зовнішня швидкісна характеристика, теплота згоряння паливо-повітряної суміші

Рис 4. Літ 10.

В.И.Захарчук, Ю.В.Захарчук.
ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО РАБОТЕ
НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВАХ

Описано метод оценки и прогнозирования энергетических и топливно-экономических показателей двигателя при использовании альтернативных топлив по его внешней скоростной характеристике, при построении которой мощность двигателя определяется по теплоте сгорания топливо-воздушных смесей.

V.Zakharchuk, U. Zakharchuk
EVALUATION OF PERFORMANCE OF THE ENGINE AT ITS WORK
ON ALTERNATIVE FUELS.

Elaborated the method of analytical determination and simulation of engines of vehicles that run on alternative motor fuels, for their external speed characteristics. In this paper, for calculate of capacities of the engines is used the connection between useful work (power) of engine and the amount of heat spent to obtain it. For that determined the heat of combustion of fuel mixtures of different fuels.

As a measure of the efficiency of the fuel and energy field of engine that combines indexes load characteristics, in the paper introduced complex index mutual by associativity power and fuel economic indexes of engine - the mechanical equivalent of one MJ of fuel.

By means of the method of evaluation of indexes of the engine for its external speed characteristic of running on alternative fuels established that the specific fuel consumption of basic diesel by external characteristic on 20-25% less than in the whole operating range, than converted from diesel of gas engine. The power of gas engine to 4% higher than diesel. Thus, in condition of work on the external characteristic gas engine has bigger power, higher acceleration stability of working than diesel, but less economical.

Keywords: engine, an alternative motor fuel, external speed characteristic, heat of combustion of the fuel- air mixture.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день у нашій державі є великий парк колісних транспортних засобів та мобільної сільськогосподарської техніки з дизелями, які працюють на дизельному паливі нафтового походження. Але вартість дизельного палива весь час зростає та погіршується екологічна ситуація в країні. Одним з основних шляхів виходу з цієї ситуації є адаптація дизелів до роботи на альтернативних паливах [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Енергетичну ефективність роботи двигуна при використанні альтернативних моторних палив (АМП), стійкість його роботи, взаємодія його показників з транспортним засобом і навколишнім середовищем (НС) визначаються його швидкісними і навантажувальними характеристиками. За даними літературних джерел [3, 4] для розрахунку та побудови зовнішньої швидкісної характеристики (ЗШХ) двигуна застосовуються емпіричні формули, які визначають поточні значення потужності N_{ex} і питомої ефективної витрати палива g_{ex} . Згідно з попередніми даними використання цих формул для розрахунку показників ЗШХ ДВЗ дає дуже великі похибки не тільки для двигунів на АМП, але і для сучасних моделей бензинових ДВЗ і дизелів [9].

Мета дослідження – оцінити енергетичні та паливо економічні показники двигуна при його роботі на нафтовому дизельному паливі, біодизельному паливі та природному газі.

Основні результати дослідження. У наших дослідженнях для розрахунку потужності двигуна використано зв'язок між корисною роботою (потужністю) двигуна і кількістю теплоти, витраченою для її одержання [3]:

©В.І.Захарчук, Ю.В.Захарчук

$$Q_e = N_e = H_{см} \frac{V_{см}}{3,6 \cdot 10^3} \eta_e, \text{ кВт}, \quad (1)$$

де $H_{см}$ - теплота згоряння паливоповітряної суміші, МДж/м³,

$V_{см}$ - годинна витрата паливоповітряної суміші, м³/год

η_e - ефективний ККД.

За розрахунковими значеннями отримується величина зміни теплоти згоряння горючих сумішей різних палив в залежності від їх складу (рис. 1):

$$H_{см} = \frac{H_u - \Delta H_u}{\alpha L_0}, \quad (2)$$

де H_u - нижча теплота згоряння палива, МДж/кг (МДж/ м³),

ΔH_u - хімічна неповнота згоряння палива, МДж/кг (МДж/ м³),

α - коефіцієнт надлишку повітря,

L_0 - кількість повітря, теоретично необхідна для повного згоряння 1 кг палива.

На попередньому етапі характер зміни η_e приймається таким же, як для базових двигунів, хоча механічні втрати у двигунів на АМП, зокрема на газовому паливі, вважаються меншими через поліпшення умов змащення [3].

Витрата горючої суміші для ДВЗ певної конструкції визначається за формулою

$$V_{см} = \left(\frac{V_h \cdot i}{1000} \cdot \frac{60n}{\tau} \right) \frac{T_0 \cdot p_a}{T_a \cdot p_o} \cdot \eta_v \cdot \gamma, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3)$$

де V_h , i – об'єм і кількість циліндрів; τ - тактність двигуна; n - частота обертання, хв⁻¹; η_v - коефіцієнт наповнення циліндрів; T_0 , T_a , p_o , p_a - відповідно температура і тиск навколишнього середовища і в кінці впуску; $\gamma = 1,11 \dots 1,14$ - коефіцієнт повноти заряду, що враховує запізнення закриття впускного клапана [5].

В якості міри ефективності паливно-енергетичного поля двигуна, яке об'єднує показники навантажувальних характеристик, в роботі введено комплексний показник, взаємно пов'язуючий енергетичні та паливо-економічні показники двигуна – механічний еквівалент одного МДж палива

$$ME = \frac{M_k \omega}{G_n}, \text{ Вт*год/МДж}, \quad (4)$$

де M_k - ефективний крутний момент двигуна, Нм, який розвивається при частоті обертання колінчастого вала ω , с⁻¹ та годинній витраті палива в енергетичних одиницях G_n , МДж/год.

Паливно-енергетичне поле відображає міру потенційних можливостей двигуна і умови, за яких можлива максимально вигідна його реалізація за рахунок взаємної погодженості характеристик двигуна та показників палива.

Для зручності порівняння паливно-енергетичних показників двигуна при використанні різних палив розглядається цільова функція

$$ME_{\max} = f(M_k, n) \quad (5)$$

Кількісна оцінка транспортної роботи ТЗ має виконуватись на основі комплексних критеріїв та нормованих вимірників, відображаючих закономірні зв'язки основних факторів транспортної роботи з параметрами і вихідними характеристиками двигуна. З цією метою в роботі

вводиться комплексний критерій техніко-економічної ефективності транспортного засобу (ТЗ), який може використовуватись як комплексний показник паливо-швидкісних властивостей

$$K_{me} = \frac{m_{mз} \cdot V}{G_n}, \text{ ткм/МДж},$$

де $m_{mз}$ - повна маса ТЗ, т; V – середня швидкість руху, км/год;

G_n - середня годинна витрата палива в енергетичних одиницях, МДж/год

Для полегшення виконуваних розрахунків прийнято закон зміни α для різних обертів двигунів та за даними теплових розрахунків при різних частотах обертання встановлені зміни η_v та η_e для двигуна при його роботі на різних паливах залежно від частоти обертання колінчастого вала.

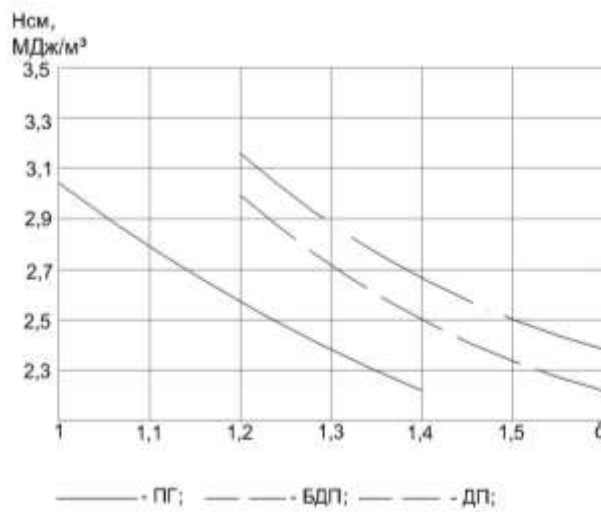


Рис. 1. Залежність теплоти згоряння паливоповітряних сумішей різних палив від складу суміші

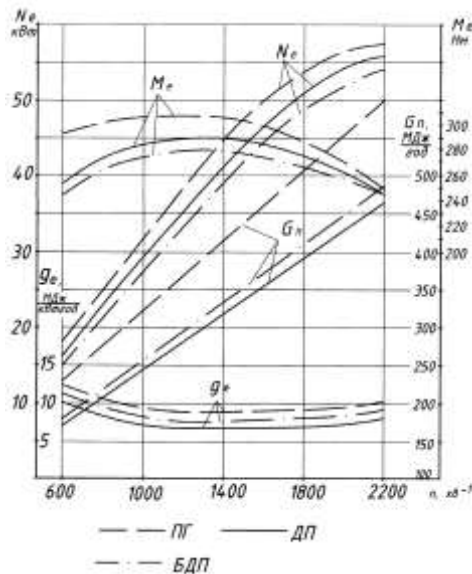


Рис. 2. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна Д-243 при його роботі на різних паливах

©В.І.Захарчук, Ю.В.Захарчук

Найбільший інтерес представляє порівняння показників дизеля та переобладнаного з дизеля газового двигуна. Для оцінки і порівняння газового двигуна і базового дизеля використовують наступні показники, які визначаються з їх зовнішніх швидкісних характеристик, отриманих розрахунком:

- а) стійкість режиму роботи і здатність долати зустрічний опір без переходу на нижчу передачу;
- б) прийомистість двигуна;
- в) паливна економічність.

Продуктивність транспортного засобу вища тим, чим менше змінюється його швидкість при зміні зовнішніх умов. Щоб при роботі по зовнішній характеристиці режим руху був стійким, при зміні опору швидкість ТЗ, а відповідно, і частота обертання двигуна повинні змінюватися якнайменше. Порівняння стійкості режиму роботи різних двигунів проводять накладенням відповідних зовнішніх характеристик крутного моменту M_k (рис.2).

Оскільки дизель має більш полого криву коефіцієнта наповнення, ніж газовий двигун, то крива його крутного моменту також більш полого. На номінальному режимі обидва двигуни можуть подолати момент опору.

З рис. 2 видно, що для газового двигуна частота обертання змінюється в більш вузьких межах, тобто стійкість режиму його роботи вища. Якщо зміна опору для обох двигунів викликала зниження частоти обертання і це було короткочасним, то початковий режим швидше відновиться в тому випадку, коли бере участь більша кількість енергії. Тому, чим більше перевищення крутного моменту над моментом опору, тим швидше двигун відновить початковий режим. З цієї точки зору кращою є характеристика газового двигуна, в якого крутний момент більший, ніж крутний момент в дизеля.

Підвищення крутного моменту при зниженні частоти обертання двигуна характеризується запасом крутного моменту, який являє собою відношення різниці між максимальним і номінальним крутними моментами до номінального:

$$\mu = \frac{M_{k, \text{макс}} - M_{k, \text{н}}}{M_{k, \text{н}}} \cdot 100 = \frac{289,4 - 243,2}{243,2} \cdot 100 = 19\% \text{ - дизель}$$
$$\mu = \frac{M_{k, \text{макс}} - M_{k, \text{н}}}{M_{k, \text{н}}} \cdot 100 = \frac{306,9 - 247,5}{247,5} \cdot 100 = 24\% \text{ - газовий}$$

За статистичними даними запас крутного моменту коливається в межах для двигунів з іскровим запалюванням 24 - 40%, для дизелів 10 - 24%. Він характеризує можливість двигуна долати зустрічний опір за рахунок збільшеного крутного моменту при зниженні швидкості без переключення передачі.

При русі транспортного засобу зустрічається короткочасний опір руху, який долається не тільки за рахунок збільшеного крутного моменту, але і за рахунок кінетичної енергії двигуна при малій частоті обертання.

Таким чином, з точки зору стійкості режиму роботи характеристика крутного моменту газового двигуна краща, ніж характеристика дизеля.

Прийомистість газового двигуна і дизеля можна порівняти також положенням їх швидкісних характеристик при однакових значеннях крутного моменту на номінальній частоті обертання (рис. 2).

Більш круті характеристики крутного моменту газового двигуна забезпечують йому більше перевищення крутного моменту над моментом опору, який витрачаються на розгін транспортного засобу, а отже і більш високі динамічні властивості транспортних засобів з газовими двигунами.

Прийомистість двигуна в експлуатації визначається не тільки характеристиками, знятими на сталих режимах, але і типом застосовуваної на двигуні паливної апаратури, яка визначає характер перехідних процесів. При однаковому максимальному крутному моменті більш високу прийомистість має дизель.

Економічність роботи двигуна оцінюється питомою витратою палива в енергетичних одиницях на одиницю ефективної роботи та годинною витратою палива. Питома витрата палива дизеля по зовнішній характеристиці на 20-25% менша по всьому робочому діапазоні, ніж газового двигуна. Це пояснюється, в основному, більш високим ступенем стиску дизеля, а також його роботою на бідних паливоповітряних сумішах на всіх режимах. Потужність газового двигуна до 4% більша, ніж дизеля. Потужність та крутний момент дизеля при роботі на біопаливі менші в порівнянні з роботою на нафтовому паливі, а витрата палива є більшою внаслідок меншої теплоти згоряння.

Таким чином, в умовах роботи по зовнішній характеристиці газовий двигун має більшу потужність, більш високу стійкість роботи і прийомистість, ніж дизель, але менш економічний.

Перевірка адекватності математичної моделі ЗШХ, побудованої за теплою згоряння паливоповітряної суміші, здійснювалась шляхом порівняння розрахункової та експериментальної характеристик дизеля Д-243. Результати порівняння показують, що максимальне відхилення значень розрахункових та експериментальних показників ефективної потужності та крутного моменту не перевищує 8%.

Паливно-енергетичне поле відображає міру потенційних можливостей двигуна і умови, за яких можлива максимально вигідна його реалізація за рахунок взаємної погодженості характеристик двигуна та показників палива.

На рис. 3 показана цільова функція механічного еквівалента $ME_{max} = f(n)$ для двигуна Д-243 при використанні різних палив. З графіків видно, що найбільш високі значення механічного еквівалента має дизельне паливо. Але найменша різниця між значеннями спостерігається в зоні низьких частот обертання і значних навантажень на двигун. Найбільше значення цільова функція має при частоті обертання, яка відповідає максимальному крутному моменту. Використовуючи цільову функцію $ME_{max} = f(M_k, n)$ можна визначити оптимальні зони паливно-енергетичного поля двигуна для використання їх в якості робочих при використанні різних палив.

Кількісна оцінка транспортної роботи ТЗ має виконуватись на основі комплексних критеріїв та нормованих вимірників, відображаючих закономірні зв'язки основних факторів транспортної роботи з параметрами і вихідними характеристиками двигуна.

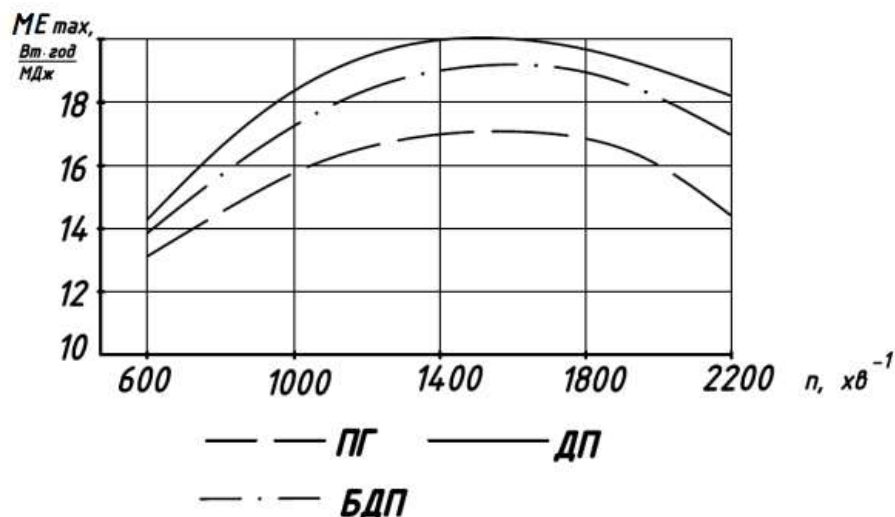


Рис. 3. Залежність цільової функції ME_{max} від частоти обертання двигуна Д-243 при роботі на різних паливах

На рис. 4 показана залежність критерію техніко-економічної ефективності від швидкості усталеного руху ТЗ. Цей критерій об'єктивно відображає продуктивність, тягово-швидкісні властивості та паливну економічність ТЗ при використанні різних палив.

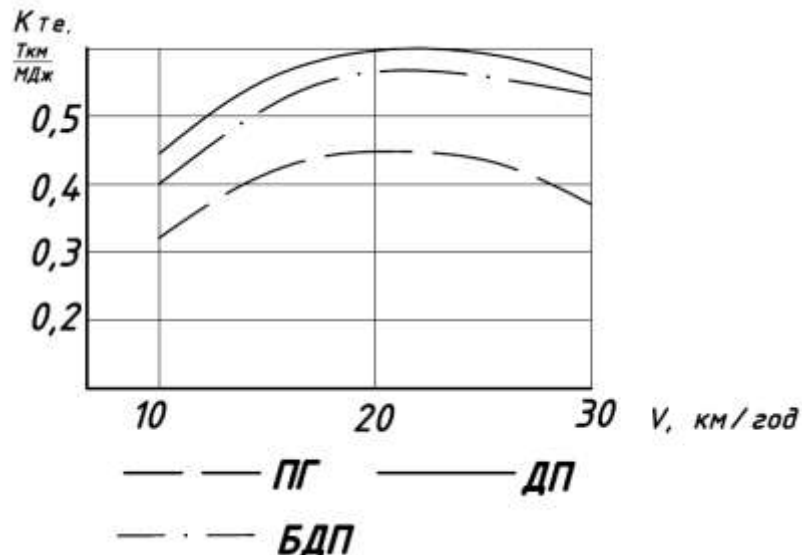


Рис. 4. Залежність критерію техніко-економічної ефективності від швидкості усталеного руху трактора МТЗ-80

Висновки. Найкращі значення критерію властиві трактору з дизелем, працюючому на нафтовому ДП, найгірші – трактору з газовим двигуном, що пояснюється більшою до 25% питомою ефективною витратою палива при роботі двигуна за ЗШХ. Найбільша техніко-економічна ефективність при роботі на всіх видах палива досягається при швидкості трактора 22...23 км/год, що пояснюється роботою двигуна з крутним моментом, близьким до максимального. Взаємозв'язок критерію техніко-економічної ефективності K_{me} та механічного еквівалента ME одного МДж палива обумовлюють вимоги до паливно-енергетичного потенціалу двигуна і до взаємної узгодженості характеристик двигуна та ТЗ в цілому.

1. Анискин В.И. Внедрение в сельскохозяйственное производство техники, работающей на сжатом природном газе // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. - 2005. - № 1. - С. 17-18.
2. Андрусенко П.И., Бурцев О.Н., Гутаревич Ю.Ф. Характеристики автомобильных и тракторных двигателей, К. Выща школа, 1978, 128 с.
3. Базаров Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива. – Ташкент: ТАДИ, 2001. – 238с.
4. Гусаков С.В. Перспективы применения в дизелях альтернативных топлив из возобновляемых источников. – М.:ИПК РУДН, 2008.–318 с.
5. Закон України про альтернативні палива/Відомості Верховної Ради України, 2013, №19-20, ст. 177.
6. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М., 2000. – 310 с.
7. Матейчик В.П., Яновський В.В., Захарчук В.І. Дослідження газового двигуна з іскровим запалюванням, переобладнаного з дизеля//«Автошляховик України», №4 – 2008. – с.13-16.
8. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. 05.20.01. – М.: ВИМ, 2011.- 42 с.
9. Савчинський І.Г. Вплив режимів роботи автомобільних двигунів на їх показники. Вінниця, ВНТУ, 2001. – 93.
10. Хачиян А. С. Применение различных топлив и энергетических установок в автомобилях будущего // Двигателестроение.-2004.-№1-с.-28-31.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2014

©В.І.Захарчук, Ю.В.Захарчук

УДК 677.075.5; 614.89

Н.М.Защепкіна, Н.Р.Терентьєва
Київський національний університет технологій та дизайну
РЕСПИРАТОРНИЙ ЗАХИСТ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕКСТИЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ

У результаті аналізу впливу навколишнього середовища на органи дихання людини і організм в цілому поставлені наукові завдання, обраний об'єкт дослідження, наведена базова класифікація видів респираторного захисту, а також викладено основний матеріал, щодо побудови двошарового трикотажного фільтрувального полотна, що в подальшому було використано для виготовлення зразків масок респираторного захисту.

Ключові слова: органи дихання, респираторний захист, властивість матеріалу, захист, транспорт, екологія.

Рис.2. Літ 10.

Н.Н.Защепкина, Н.Р.Терентьева
РЕСПИРАТОРНАЯ ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ТЕКСТИЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

В результате анализа влияния окружающей среды на органы дыхания человека и организм в целом, поставленные научные задачи, выбранный объект исследования, приведена базовая классификация видов респираторной защиты, а также изложено основной материал, по построению двухслойного трикотажного фильтровальной полотна, что в дальнейшем было использовано для изготовления образцов масок респираторной защиты.

Ключевые слова: органы дыхания, респираторный защиту, свойство материала, защита, транспорт, экология.

N.Zaschepkina, N.Terentyeva
RESPIRATORY PROTECTION RIGHTS BY TEXTILE MATERIALS

As a result, the analyses of security of the organism against negative environmental influences were pointed scientific objectives and chosen object to study. The article provides an analysis of the impact of the environment on the human respiratory system and the body as a whole. This led to the classification and range of protective equipment, made recommendations to the use of respiratory protection from the negative effects of the environment, depending on the operating conditions.

Set targets and identify areas for further study and design of individual means of protection from the effects of the environment. Were held analysis and classification of adaptability of respiratory masks as individual respiratory protection, depending on their specific application. Actual ecological situation related with air pollution and industrial waste of water causes the necessity to develop new technologies, the use of cheap filter elements that allow multiple regeneration. Recently, the range of filter fabric extends through the application of new materials. Filtering materials are used two types: fabric and felt, obtained by stalling or mechanical mix of fibers with needle punch method. In typical filter cloth size of pinholes between the filaments is 100-200 microns. Previously, these filters were produced mainly from natural ingredients that led to their fragility, but now – they are produced of synthetic fibers and yarns, single and multiyarn. It allows to obtain a basis for filters that can carry electrostatic charges, which had a positive effect in filtering air mixtures and gases.

Particular interest presents wrap knitting filter sleeves. Their strength, deformation characteristics and surface density varies. This enables the seamless use of filter material, reduces cost of additional raw materials and precludes rapid destruction of sleeve in the joint zone.

Keywords: respiratory, respiratory protection, material properties, protection, transportation, ecology.

Постановка проблеми. Забруднення повітря викидами промислових підприємств і автомобільними вихлопними газами завдає непоправної шкоди органам дихання людини. Особливо страждають жителі мегаполісів, велосипедисти, працівники ДАІ, люди, робота яких безпосередньо пов'язана з постійним пересуванням по місту. Недостатній асортимент респираторів і обсяг інформації про способи респираторного захисту призводить до багаторазових захворювань органів дихання людини. Поліпшення якості та розширення асортименту товарів народного вжитку – одне з головних завдань економіки будь-якої країни. В умовах ринкової економіки якість продукції значною мірою визначає її конкурентоспроможність. Асортимент і якість продукції текстильної промисловості, нерозривно пов'язані з матеріальним і культурним рівнем життя населення.

На сьогодні споживач не має достатньої можливості вибору респираторного захисту, хоча попит на цей продукт зростає.

Споживчі якості засобів захисту людини у великій мірі залежать від матеріалу і технології їх виготовлення. У сфері технології та матеріалознавства були вивчені властивості різних матеріалів, які застосовуються для фільтрів. Багато видатні вчені, такі як К. Д. Михайлова, Л. Ф. Харитоновна,

А. А. Гусевої, В. М. Єсипенко, Д. М. Потьомкіна, Е.П. Дрегуляс, О. Д. Галанін, І. А. Липкова, М. М. Діанич, Б. Д. Семака, Н. П. Василюшин, Ф. А. Моїсеєнко, В. В. Рибальченко, П. Д. Балясова, М.В. Цебрєнко займалися проблемою вивчення властивостей матеріалів для створення фільтрів.

Метою даної роботи є:

- аналіз впливу навколишнього середовища на органи дихання людини і організм в цілому;
- вивчення асортименту випущених у світі респіраторних масок;
- проведення базової класифікації видів респіраторного захисту, особливостей вибору фільтрів, залежно від виду експлуатації;
- викладення основного матеріалу, щодо побудови трикотажного фільтрувального полотна, що в подальшому було використано для виготовлення масок респіраторного захисту.

Викладення основного матеріалу. В результаті всесвітньої індустріалізації якість повітря яким ми дихаємо значно погіршилася. Спалювання викопних видів палива призвело до колосальних викидів двоокису вуглецю та інших газів, особливо після появи автомобілів наприкінці ХІХ століття. Чисте повітря є запорукою нашого доброго самопочуття та гарного фізичного стану. У спокійному стані ми вдихаємо близько 10 літрів повітря на хвилину. Коли ми активно працюємо або займаємося спортом, кількість вдихуваного повітря зростає багаторазово. Однак повітря, яке ми вдихаємо, може містити безліч небезпечних речовин, про які ми навіть не підозрюємо [1].

Небезпечні речовини можуть бути у формі твердих або рідких аерозольних часток, газів, парів або випарів. Чим менше розмір часток пилу, тим довше вони знаходяться в повітрі у зваженому стані і тим вище ймовірність того, що вони потраплять всередину з повітрям, проникнуть в легені. Туман складається з мікро крапельок, що утворюються при розпиленні різних рідких матеріалів. При вдиханні дрібні тверді або рідкі частинки викликають подразнення верхніх дихальних шляхів, а при тривалому впливі - запалення. Дуже небезпечні дрібнодисперсні частинки токсичного пилу, які здатні проникнути в легені і, маючи дуже велику площу контакту з тканиною легені, здатні швидко і у великій кількості всмоктуватися, викликаючи інтоксикацію організму [1]. Більшість забруднюючих речовин при змішуванні надають подразнюючу дію на респіраторну систему. Маски допомагають запобігти утвореннюосновних небезпечних захворювань, так як відомо, що такі речовини як пірен і бензол, які містяться у вихлопних газах, є онкогенними. Пари і гази побачити неможливо, навіть, коли вони в дуже великих концентраціях. На відміну від твердих і рідких аерозольних частинок, організм практично ніяк не протистоїть впливу газів і парів. При вдиханні пари і гази потрапляють безпосередньо в легені і вже звідти безперешкодно проникають у кровоносну систему. Пройшовши по кровоносній системі, вони завдають шкоди внутрішнім органів і головному мозку. [1]

Частинки нетоксичного пилу, потрапляючи в легені, можуть затримуватися там тривалий час. Навколо кожної пилінки поступово розростається сполучна тканина, яка вже не здатна брати участь у процесі газообміну організму.

Процес розростання сполучної тканини протікає протягом багатьох років. Вона заміщає значну площу легеневої тканини і це призводить до того, що людині не вистачає кисню при навіть невеликому фізичному навантаженні - з'являється задишка при швидкій ходьбі або фізичній роботі середньої тяжкості. Тривала недостатність кисню призводить до ослаблення організму, зниження працездатності, зниження опірності організму інфекційним та іншим захворюванням, змінам функціонального стану органів і систем організму.

Дія пилу на органи дихання викликає специфічні захворювання, названі пневмоконіозами [1]. На сьогодні все більше людей піддаються такого роду захворювань, а саме велосипедисти, працівники дорожньо-транспортної служби, адже повітря на дорогах чистіше не стає, і тільки деяка частина населення захищає органи дихання респіраторними масками.

Створення фільтруючих матеріалів, що поєднують продуктивність з високою утримуючою здатністю, є на сьогодні найважливішим завданням, успішному вирішенню якого сприяє як правильний вибір конструкцій фільтрувального апарату, умов процесу фільтрації, так і вибір самих фільтрувальних матеріалів.

Залежно від призначення і величини вхідної і вихідної концентрації, фільтри умовно поділяють на три класи: фільтри тонкого очищення, повітряні фільтри, промислові фільтри.

Для забезпечення адекватного респіраторного захисту необхідно мати інформацію про склад і концентрації забруднюючих повітря небезпечних речовинах, а також чітко розуміти призначення і обмеження в експлуатації засобів респіраторного захисту. При цьому необхідно враховувати такі

фактори, як стан здоров'я користувача, ступінь фізичного навантаження, час знаходження в забрудненій зоні, необхідність свободи пересувань, температура і вологість повітря, індивідуальні особливості користувача, можливість обслуговування засобів захисту. Вимоги до більшості респіраторів викладені в стандарті ДСТУ EN 149:2003 [2].

В основі роботи пористих фільтрів всіх видів лежить процес фільтрації газу через перегородки, в ході якого тверді частинки затримуються, а газ повністю проходить крізь них. Фільтруючі перегородки різноманітні за своєю структурою, але в основному вони складаються з волокнистих або зернистих елементів і умовно поділяються на такі типи: гнучкіпористі перегородки - ткані матеріали з природних, синтетичних або мінеральних волокон; неткані волокнисті матеріали (повсть, клеєні і голкопробивні матеріали, папір, картон, волокнисті мати); комірчасті листи (губчаста гума, пінополіуретан, мембранні фільтри); напівтвердіпористі перегородки; жорсткіпористі перегородки.

На даний час для виготовлення фільтрувальних елементів використовується широкий спектр синтетичних полімерів. Поряд з поліетиленом, поліпропіленовими, поліамідними та поліефірними волокнами, перевагою користуються термопласти, які дуже зручні для переробки екструзією, що дає можливість отримувати одиночні нитки або пряжу.

Найбільш поширеним засобом фільтрації газів або пару є активоване вугілля, що має величезну внутрішню поверхню і здатний утримувати молекули органічних парів. Для того, щоб утримувати молекули неорганічних або кислих газів, або аміаку, активоване вугілля піддається відповідній хімічній обробці [3]. Фільтруючі елементи з активованим вугіллям, що не мають індикаторів придатності, повинні застосовуватися для захисту тільки від газів або парів, які мають яскраво виражені ідентифікаційні характеристики.

Серед текстильних матеріалів, що використовують для виготовлення одягу та аксесуарів, особливе місце займає трикотаж. Трикотажні полотна все більш широко застосовують для пошиття виробів найрізноманітнішого призначення. Саме із трикотажу виготовляють значну частину виробів для спорту, туризму та активного відпочинку. Особливістю таких виробів є те, що вони безпосередньо прилягають до тіла людини [3, 4, 7].

Виконання основних функцій респіраторного захисту можна досягти, виконуючи певну товщину полотна, комбінацію матеріалів, багатошарову будову. Останнім часом постало питання в розробці поліфункціональних текстильних матеріалів, шари яких мали б діаметрально протилежні властивості. Існують декілька способів отримання потрібного результату, а саме: 1) поєднання сировини з різними властивостями в процесі ткацтва чи в'язання; 2) створення багатофункціональних багатошарових композиційних текстильних матеріалів, шари яких виготовлені з сировини з різними властивостями.

З метою виявлення функціональності бікомпонентного трикотажу, утвореного з сировини з протилежними гігроскопічними властивостями нами обрано двошаровий трикотаж. Під час дихання між тілом людини і респіраторною маскою виникає конденсат, утворюється волога, яку потрібно вивести для комфортного самопочуття. Тому внутрішній шар зразків відповідає за виведення вологи, а зовнішній – за фільтрацію і сорбування. (Рис. 1)

Для вироблення експериментальних зразків трикотажних полотен використана круглов'язальна двофонтурна машина «Бентлі», яка призначена для вироблення полотна ластичним, дволастичним, пресовим, жакардовим та комбінованим переплетеннями і має 24 вязальних системи.

Однією з важливих властивостей фільтрувального полотна є стійкість до фізико-хімічних впливів води, пари, світлопогоди, підвищеної температури, кислот, лугів і інших хімічних реагентів. Більшість текстильних волокон характеризується високою стійкістю до різноманітних фізико-хімічних дій. Окремі види волокон проявляють ці властивості по-різному [5-10]. Наприклад, волога майже не впливає на синтетичні волокна – поліефірні (ПЕ), поліпропіленові (ПП) поліамідні (ПА), полівінілхлоридні (ПХВ). При зволоженні розтяжність усіх видів волокон, за винятком ряду синтетичних, зростає в окремих випадках до 25—30%. Міцність під впливом води зростає тільки у природних целюлозних волокон — бавовни, елементарних волокон льону, конопель, у решти видів волокон, за винятком деяких синтетичних, штучних волокон — віскозного, мідно-аміачного, ацетатного і білкових волокон міцність знижується на 40—60%.



Рис. 1. Виготовленні зразки текстильних респіраторних масок на основі двошарового трикотажу

В основному текстильні волокна піддаються впливу води і пари до температури 100°. Під впливом світлопогоди волокна внаслідок окислювальних процесів поступово «старіють», що виражається в зменшенні міцності і розтяжності, підвищенні жорсткості, крихкості і ламкості. Встановлено, що найбільш руйнівна світлопогода впливає на волокна шовку, а найстійкішими до цієї дії є волокна вовни і нітрону.



Рис. 2. Використана сировина для виготовлення зразків двошарового трикотажу

Більшість текстильних волокон задовільно переносять температуру порядку 1200—150°, а при зволоженні і більш високу температуру. Проте синтетичні волокна – ПА, ПП, ПЕ та ін – є термопластичними, тобто під впливом високої температури вони спочатку деформуються, а потім плавляться. Тому вироби, вироблені з цих волокон або в суміші з іншими волокнами, не можна піддавати дії високих температур.

Кислоти, луги і інші хімічні реагенти, які вживають при обробці і експлуатації текстильних виробів, діють на текстильні волокна по різному. Задовольнити більшості вищенаведених специфічних вимог можуть тільки матеріали з синтетичних ниток.

Найчастіше використовуються полотна з поліефірних, поліпропіленових, поліамідних ниток. Для виготовлення зразків, у якості гідрофільного виду сировини використана пряжа склад якої - бавовна 34%, льон 33%, віскоза 33%, а у якості гідрофобного – поліпропіленова мультифіламентна комплексна нитка. Поєднання натуральних і синтетичних матеріалів в результаті дає різні види масок для різних умов експлуатації (Рис. 2).

Висновки

В результаті проведених досліджень та аналізу впливу властивостей текстильних матеріалів та трикотажних полотен на якісні показники виробів із них, було розроблено двошаровий трикотаж та виготовлено респіраторні маски для захисту органів дихання людини від впливу шкідливих речовин. Проведено аналіз асортименту захисних масок спортивного і побутового призначення.

Поставлені задачі проектування засобів захисту органів людини, модернізація існуючих на ринку зразків, шляхом застосування або пропозиції розроблених переплетень і нових видів сировини, а також дослідження основних властивостей виготовлених зразків та розробка поліфункціональних текстильних матеріалів, шари яких мали б діаметрально протилежні властивості.

1. Сайт «Укрпрофзахиста», стаття редактора компанії "Респираторная защита на производстве", [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru>.
2. Сайт «Укрпрофзахиста», стаття редактора компанії "Респираторная защита", [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru>.
3. Горохова О.Ю. Разработка ресурсосберегающей технологии и рациональных заправок бикомпонентного трикотажа спортивного и бельего назначения: дис. канд. техн. наук: 05.19.03 / Горохова Ольга Юрьевна – М., 1999. – 244 с.
4. Зими́на Е.М. Проектирование трикотажных полотен основовязанных переплетений для функциональной спортивной одежды: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Зими́на Екатерина Михайловна – М., 2002. – 218 с.
5. J. Vincent Edwards «Modified fibers with mechanical applications» [Текст]: учебное пособие/ J.Vincent Edwards, Gisela Buschle-Diller, Steven C. Goheen. – Netherlands, 2006. – 239 p.
6. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. М.: Легпромбытгиздат. – 1992.- 272 с.
7. Перепелкин К.Е., Иванов М.Н., Куличенко А.В., Савина С.А. Методы исследования свойств текстильных изделий. Л. –1988. – 69 с.
8. Гордеев В.А., Штеклер А.И. Об одном способе расчета параметров намотки текстильных нитей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1977. – № 6. – С. 48-50.
9. Николаев С.Д., Панин И.Н., Назарова М.В. Анализ причинно-следственных связей между параметрами, структурой паковки и свойствами нитей при перематывании на основе бинарной теории информации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001. – № 1. – С. 28-33.
10. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета. Дис. ...док-ра. техн. наук: 05.19.02. – М., МЛТА, 1988. – 470 с..

References

1. Сайт «Ukrprofzashhita», stat'yaredaktorakompanii «Respiratornayazashhitanaprouizvodstve», [Elektronny'jresurs] – Rezhim dostupa: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru>
2. Сайт «Ukrprofzashhita», stat'yaredaktorakompanii «Respiratornayazashhita», [Elektronny'jresurs] – Rezhim dostupa: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru>.
3. Goroxova O. Yu. Razrabotka resursosberegayushhej tehnologii I racional'ny'x zpravokbikomponentnogo trikotazha sportivnogo i bel'evogonaznacheniya: dis. kan.tehn. nauk: 05.19.03 / GoroxovaOl'gaYur'evna – M., 1999. – 244 s..
4. Zimin EM Designing warp knitted fabric weaves for functional sportswear : dis Cand. tehn. Sciences: 05.19.02 / Zimin Kateryna - Moscow, 2002 . - 218 s.
5. J.. Vincent Edwards «Modified fibers with mechanical applications» [Текст]: учебное пособие/ J.Vincent Edwards, Gisela Buschle-Diller, Steven C. Goheen. – Netherlands, 2006. – 239 p.
6. Kykin G.N., Solovev A.N., Koblyakov A.I. Textile материаловедение. М. - 1992. - 272 p.
7. Perepelkin K.E., Ivanov M.H., Kylichenko A.V., Savina S.A. Methods of research of properties of soft goods. L. - 1988. - 69 p.
8. Gordeev VA Shtekler AI A method of calculating the winding textile yarn // Proceedings of the universities . Technology of Textile Industry . - 1977 . - № 6. - S. 48-50.
9. Nikolaev SD , Panin IN, MV Nazarov Analysis of causal relationships between the parameters of the structure and properties of the packing yarns at rewinding based on binary information theory // Math. universities. Technology of Textile Industry . - 2001 . - № 1. - S. 28-33.
10. Nikolaev SD Prediction of technological parameters of manufacturing a given tissue structure and working methods of their calculation . Dis. Pa ... docking . tehn. Sciences: 05.19.02 . - M., MLTA , 1988. - 470 s..

Стаття надійшла до редакції 14.04.2014

УДК 677.0

К.О.Защепкіна

**ATASelektromotoryNachoda.s., Чеська Республіка
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ З ДОДАВАННЯМ БАЗАЛЬТОВИХ
ВОЛОКОН ТА БАЗАЛЬТОВОГО РОВІНГУ**

Продукти з використанням базальтових волокон набувають все більшого розповсюдження в різних галузях. Завдяки фізично-механічним властивостям, базальт використовується не тільки в будівництві, в якості тепло- й звукоізоляційного матеріалу, але й в літакобудуванні, медицині, при будівництві доріг. Виходячи з того, що на перше місце виходить екологічність й ціна матеріалу, виникла потреба в аналізі матеріалів, що застосовуються при армуванні дорожніх покриттів з огляду їх ефективності й безпечності.

Ключові слова: базальт, базальтове волокно, дорожнє покриття, екологічність, ефективність.

Рис 2. Табл 3. Літ 16.

К.А.Защепкина

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ БАЗАЛЬТОВЫХ
ВОЛОКОН И БАЗАЛЬТОВОГО РОВИНГА**

Продукты с использованием базальтовых волокон приобретают все большее распространение в различных отраслях. Благодаря физико- механическим свойствам, базальт используется не только в строительстве, в качестве тепло- и звукоизоляционного материала, но и в самолетостроении, медицине, при строительстве дорог. Исходя из того, что на первое место выходит экологичность и цена материала, возникла потребность в анализе материалов, применяемых при армировании дорожных покрытий с точки зрения их эффективности и безопасности.

Ключевые слова: базальт, базальтовое волокно, дорожное покрытие, экологичность, эффективность.

К.Zashchepkina

**PERSPECTIVES OF USAGE MATERIALS WITH ADDITION BASALT FIBERS AND BASALT
ROVING**

Products using basalt fibers are becoming very popular in various industries. Thanks to the physical and mechanical properties of basalt are used not only in construction as thermal and acoustic insulation, but also in aircraft, medicine, and the construction of roads. Based on the fact, that on the first place is environmental friendly and price of the material, it is important to analyze the materials used in the reinforcement of road surfaces in terms of their effectiveness and safety. Because the basalt fibers have high natural strength, resistance to corrosion, durability, electrical insulation, natural made, environmentally friendly raw materials, have extraordinary future of application in various industries like textile, construction and energy etc. New technologies are being introduced in the construction of road surfaces, apply new reinforcing materials. Basalt reinforcing mesh is designed for reinforcement of road surfaces. Its usage can significantly increase the time between maintenance work and decrease the cost of maintenance work due to more uniform distribution of the load inside the roadway, as well as by decreasing the formation of cracks under the influence of temperature cycles. This article is describing the perspectives and the appropriateness's usage of the pavements reinforced by products based on basalt fibers.

Keywords: basalt, basalt fiber, pavement, environmental friendliness, efficiency.

Постановка проблеми. В останні роки базальтовмісткі продукти зміцнюють свої позиції на світовому ринку не тільки в галузі текстильної промисловості, але і в будівництві, ракето- й літакобудівництві, медицині.

Використання матеріалів на основі базальту бере початок з області застосування теплоізоляційних матеріалів[1-6], де базальтова вата замінила канцерогенний азбест[3], а потім й скляну вату.

Сьогодні, коли переваги базальту в якості теплоізоляційного матеріалу всім відомі, він починає здобувати нові ринки збуту й використовується при армуванні бетонів, а також дорожнього покриття, наприклад, у вигляді базальтової геосітки, яка дозволяє поліпшити економічні й екологічні показники дорожнього покриття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Базальтова армована сітка являє собою вільно накладені пошарово базальтові ровінги, прошиті крученими базальтовими, капроновими або поліефірними нитками. Накладені одна на одну системи ниток прошивають тамбурним стібком, який утворюється внаслідок взаємодії системи утворюючих петлі голок. Неткані клеєні сітки характеризуються тим, що вони складаються з двох взаємно перпендикулярних систем ниток, що не переплітаються між собою, а накладаються одна на одну і склеюються в місцях перетинів рідкою сполукою[7,8,9]. Розмір чарунки сітки може мінятися від 25 мм до 50 мм, довжина рулону 75 м, ширина - 1-2м.

Мета дослідження. Отже метою дослідження і вивчення властивостей базальту в складі геосітки й порівняння загальних характеристик з іншими використовуваними матеріалами.

Основні результати дослідження.

Оскільки волокна з базальтових порід мають високу природню міцність, стійкість до дії агресивних середовищ, довговічність, електроізоляційні властивості, виробляються з природньої, екологічно чистої сировини, вони мають надзвичайну перспективу застосування в промисловості, будівництві та енергетиці.

Базальти є вихідною сировиною для виробництва:

- Безперервних базальтових волокон (НБВ), діаметром елементарних волокон 6 - 21 мікрон, довжиною 10 і більше км;
- Штапельних тонких базальтових волокон (БТВ), діаметром елементарних волокон 6 - 12 мікрон і довжиною 30 - 60 мм;
- Супертонких базальтових волокон (БСТВ), діаметром елементарних волокон 1 - 3 мікрона і довжиною 50 - 60 мм;
- Базальтової луски (БЧ), пластинок товщиною 2 - 5 мікрон і площею 0.5 - 4 мм².

На основі базальтових волокон виробляються такі матеріали як тканини, сітки, полотна, мати, композиційні матеріали та вироби.

Матеріали та вироби з базальтових волокон і базальтової луски знаходять широке застосування в різних галузях промисловості, будівництві, транспорті.



Рис. 1. Базальт та вироби з нього: а) базальтовий ровінг, б) базальтова скала, в) тканина з базальтового волокна

Базальтова армована сітка розроблена для армування дорожніх покриттів. Її використання дозволяє значно збільшити час між ремонтними роботами за рахунок більш рівномірного розподілу навантаження на дорожнє полотно, а також за рахунок зменшення утворення тріщин під впливом температурних циклів. Базальтова сітка дозволяє зменшити товщину асфальтового покриття на 20%.

Базальтові геосітки, що використовуються для армування покриттів, мають такі основні переваги:

- механічно більш міцна і більш стійка до хімічно агресивного середовища, ніж сітка з Е-скла
- температура при якій відбувається укладання дорожнього полотна не викликає пошкодження базальтової сітки на відміну від сіток зроблених з синтетичних матеріалів.
- Базальтова сітка може використовуватись при більш низьких температурах, ніж синтетичні сітки, що особливо важливо для північних регіонів.
- Менше значення подовження перед розривом, ніж у синтетичних матеріалів.
- Більш низька вартість і ліпші механічні властивості, ніж у сіток зроблених із спеціальних стекол.
- Легко подрібнюється з використанням стандартного устаткування для заміни дорожнього полотна.
- Не вимагає спеціального обладнання.
- Екологічно нешкідлива.
- Хімічно інертна [3] (не виділяють і не утворюють токсичних речовин у повітряних і хімічно активних середовищах).
- Необмеженість сировинних запасів базальту.
- Базальтові волокна мають високу міцність порівняно з міцністю високоміцних скляних волокон [14], а модуль пружності базальтових волокон вище на 15 - 20 %, ніж у волокон зі скла.

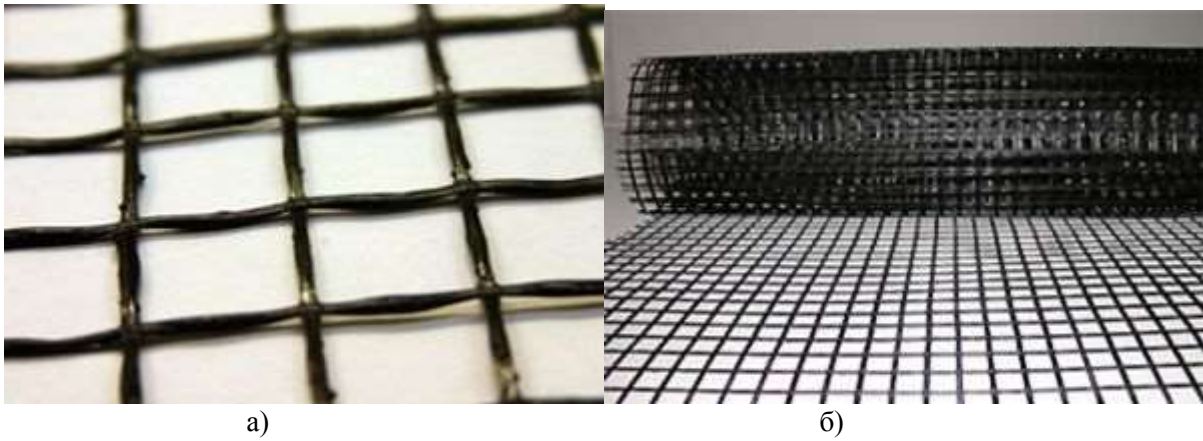


Рис.2. Геосітка з базальту

Таблиця 1

Порівняння волокон, що застосовуються при армуванні дорожніх покриттів

Властивості монофіламенту	Поліпропілен	AR-скло	Е-скло	Базальтове волокно
Міцність на розрив, Мпа	430-600	3400	3500-3800	4000-4500
Модуль Юнга, ГПа	15	70	75	85

Таблиця 2

Порівняльна характеристика базальтових й інших волокон

	БВ	Е-скло	С-скло	Вуглецеве волокно
Розтяжність, МПа	3000~4840	3100~3800	4020~4650	3500~6000
Модуль пружності, ГПа	79.3~93.1	72.5~75.5	83~86	230~600
Подовження, %	3.1	4.7	5.3	1.5~2.0
Діаметр волокна, мкм	6~21	6~21	6~21	5~15
Текс	60~4200	40~4200	40~4200	60~2400
Температура застосування, °С	-260~+500	-50~+380	-50~+300	-50~+700

Висока міцність

Питома міцність[1] базальтового волокна у 2,5 рази перевищує міцність легованих сталей і в 1,5 рази – міцність скловолокна[16].

Висока хімічна стійкість до впливу води, солей, лугів і кислот

У порівнянні з металом НБВ не піддається корозії[2]. У порівнянні зі скловолокном НБВ є лугостійким матеріалом. НБВ мають високу корозійну і хімічну стійкість до дії агресивних середовищ[11,12,13]: розчинів солей, кислот і особливо лугів. Хімічна стійкість базальтових волокон.

Таблиця 3

Висока термічна стійкість

Хімічна стійкість базальтових волокон

ДіаметрНБВ, мкм	H ₂ O	0.5 н NaOH	2 н NaOH	2 н HCl
17	99.63	98.3	92.8	76.9
12	99.7	98.9	90.7	49.9
9	99.6	94.6	83.3	38.8

Діапазон температур довгострокового застосування базальтових волокон – 200°С - + 600°С. Короткостроковий вплив температур до 700 °С. Разовий вплив температур до 1000 °С.

Сумісність з іншими матеріалами

Безперервні базальтові волокна володіють високою сумісністю з пластиками, пластмасами, клеями, скляними і вуглецевими волокнами. Можливість виробництва матеріалів виробів на основі НБВ із застосуванням різних технологій формовки, намотування, напилення інших "холодних технологій".

Області застосування геосіток

Базальтові геосітки використовуються в якості армуючого матеріалу при будівництві доріг, злітно-посадкових смуг аеродромів, гідротехнічних споруд, армування бетонних підлог, стін. Використовуються також і в промисловому і цивільному будівництві при армуванні стінових матеріалів різних типорозмірів (цегла, облицювальний камінь, блоки керамічні, блоки з пористого бетону і т.п.) і конструкцій з використанням цементно-піщаних, клейових та інших розчинів. Найбільш широко базальтові сітки застосовуються для армування асфальтобетонних покриттів при новому будівництві дорожніх покриттів та при посиленні їх в процесі ремонту.

Дорожнє будівництво

- Застосування сіток в дорожньому будівництві забезпечує:
- надання нових властивостей дорожньої конструкції
- запобігає і зменшує поширення відображених тріщин
- в 2-3 рази збільшує міжремонтні терміни
- гарантує реальний економічний ефект, покращує комфорт дорожнього руху

Характеристика асфальтобетону, армованого сіткою:

- Базальтові сітки мають високу адгезію з бітумом у порівнянні з сітками з полімерних волокон і підвищеною лугостійкістю в порівнянні зі склосіткою.
- Водно-фізичні властивості асфальтобетону, армованого базальтової геосіткою (водонасичення, набухання, середня щільність і т.д.) істотно не змінюються.
- Армування сіткою асфальтобетонних покриттів підвищує міцність на вигин до 1,5-2 разів.

Основна проблема експлуатації дорожнього полотна це виникнення тріщин, які виникають поперек покриття, тому що навантаження вздовж дороги є домінуючим. Маючи приблизно однакові розривні характеристики базальтової і сітки і сітки зі скла отримуємо, що склосітка не працює з дорожнім покриттям на 100% своїх розривних навантажень.

Висновки

Більш висока стійкість до агресивних середовищ і переваги базальту в температурних застосуваннях говорять про виправдані витрати на армування дорожнього покриття базальтової дорожньою сіткою

Перспективи застосування базальтових армуючих сіток. Можливі цікаві рішення в наступних областях:

- залізні дороги (армування земляного полотна, водовідвідних споруд, зернистих середовищ у вигляді баластів тощо)
- гідротехнічне будівництво (армування гребель, підпірних споруд, набережних тощо)

1. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. – М.: Высшая школа, 1972. - 320 с.
2. Кочергин С. М., Шойхет Б. М., ред., под редакцией Кочергин С. -, Подред. Кочергин С. М., Ставрицкая Л. В., Соколова С. Д./ Теплоизоляция. Материалы. Конструкции. Технологии
3. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. – М.: Химия, 1978. - 312 с.
4. Hes, I., Sluka, P.: Uvod do komfortu textilií. skriptumtextilní fakulty TUL, Liberec 2005
5. Технология теплоизоляционных материалов и изделий: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.,
6. Douglas, R.W. - Ellis, B.: Amorphous Material. Wiley, London, 1972
7. Kopecký, L. Voldán, J.: Crystallization of melted rocks. CSAV, Prague, 1959
8. Krutsky N., et al : Geol. Pruzkum 22, 33. 1980
9. Meloun M., Militký J., Forina M.: Chemometrics for Analytic Chemistry vol. I, Statistical Data Analysis, Ellis Horwood, Chichester 1992
10. Militký J: Proc. 25th. Textile Research Symposium at Mt. Fuji, August 1996
11. Militky J. et. all : Proc. Int. Conf. Special Fibers, Lodz 199
12. Morse S. A.: Basalts and Phase Diagrams, Springer Verlag, New York 1980
13. Rubnerová, J.: Thermomechanical properties of inorganic fibers. (Diplomawork), TU Liberec, 1996
14. Slivka M., Vavro M. : Ceramics 40, 149. 1996
15. Wagner H. D.: J. Polym. Sci. Phys. B27, 115. 1989
16. Weddell J.K.: Continuous Ceramic Fibers. J. Text. Inst. No.4, 333, 1990

1. Gul V.E., Kuleznev V.N. Structure and mechanical properties of polymers. – М.: Highschool, 1972. - 320 с.
2. Kochergin S. M., Shoychet B. M., / Termoisolation. Materials. Construction. Technology
3. Nilsen L. Mechanical properties of polymers and polymers compositions. – М.: Chemie. 1978. - 312 с.
4. Hes, I., Sluka, P.: Uvod do komfortu textilií. skriptumtextilní fakulty TUL, Liberec 2005
5. Technology of termoisolation materials and products.: Book of highschool. – М.: Stroyizdat, 1982. – 376 с.,

6. Douglas, R.W. - Ellis, B.: AmorphousMaterial. Wiley, London, 1972
7. Kopecký, L. Voldán, J.: Crystallizationofmeltedrocks. CSAV, Prague, 1959
8. Krutsky N., et all : Geol. Pruzkum 22, 33. 1980
9. Meloun M., Militký J., Forina M.: Chemometrics for Analytic Chemistry vol. I, Statistical Data Analysis, Ellis Horwood, Chichester 1992
10. Militký J: Proc. 25th. Textile Research Symposium atMt. Fuji, August 1996
11. Militky J. et. all : Proc. Int. Conf. SpecialFibers,Lodz 199
12. Morse S. A.: Basalts and PhaseDiagrams, SpringerVerlag, New York 1980
13. Rubnerová, J.: Thermomechanicalpropertiesofinorganicfibers. (Diplomawork), TU Liberec, 1996
14. Slivka M., Vavro M. : Ceramics 40, 149. 1996
15. Wagner H. D.: J. Polym. Sci. Phys. B27, 115. 1989
16. WeddellJ.K.: ContinuousCeramicFibers. J. Text. Inst. No.4, 333, 1990

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014

УДК 683.03

Р.В.Зінько¹, І.С.Лозовий¹, О.М.Бадейнов²

¹Національний університет «Львівська політехніка»,

²Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

МОРФОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗЧІПНИХ ПРИБОРІВ РОЗЧЛЕНОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Пропонується за допомогою морфологічного середовища формувати базу знань для розробки конструкцій машин. Наведено приклад для конструювання тяго-зчіпного пристрою транспортного засобу. Запропонований алгоритм є основою для створення комп'ютерного середовища моделювання конструкцій машин.

Ключові слова: морфологічне середовище, зчіпні пристрої розчленованих транспортних засобів.

Рис. 4. Табл 6. Літ 23

Р.Зинько, И.Лозовый, О.Бадейнов

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ РАСЧЛЕНЯЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Предлагается с помощью морфологической среды формировать базу знаний для разработки конструкций машин. Приведен пример для конструирования тяго-цепного устройства транспортного средства. Предложенный алгоритм является основой для создания компьютерной среды моделирования конструкций машин.

R.Zinko, I.Lozyvj, O.Badejnov

A MORPHOLOGICAL ENVIRONMENT IS FOR RESEARCH OF WORK OF COUPLINGS DEVICES OF DISMEMBERING TRANSPORT VEHICLES

It is suggested by a morphological environment to form the base of knowledges for development of constructions of machines. An example is resulted for constructing of coupling device of transport vehicle. The offered algorithm is basis for creation of computer environment of design of constructions of machines.

Вступ. Створення нової техніки дозволяє вдосконалювати матеріальне виробництво, яке покликане задовольнити потреби людини в продовольчих товарах, побутових виробках, житлі і ін. До продуктів, що виготовляються на виробництві ставляться вимоги якості, ефективності і дешевизни. тому і машини, що їх продукують, повинні також ефективними і дешевими.

Виникає проблема створення машин, які створюються на основі нових ідей, можуть швидко модернізуватися і при цьому залишатися дешевими. Жодна нова ідея відразу не знаходить застосування, оскільки це викликано складністю структури нової техніки і її дії.

Темпи зміни поколінь технічних рішень почали значно випереджати темпи зміни поколінь їх розробників. Тепер за час трудової діяльності одного фахівця в передових галузях виробництва відбувається зміна декількох етапів технічних засобів. Таке швидке технічне переоснащення викликає таке ж швидке застарівання накопиченої бази знань і вимагає їх швидкої модернізації і доповнення. Але і до розробників пред'являються все більш зростаючі вимоги і ставляться все нові завдання. Щоб конструктор не відставав від технічного прогресу в різних областях техніки, йому доводиться безперервно удосконалювати свої знання і уміння виходячи не тільки з вузької спеціалізації, але враховуючи досвід і технічні можливості прогресу. Модернізації знань особливо допомагає величезний об'єм науково-технічної і виробничої і технологічної інформації, яка є в Інтернеті, і яку надають науково-технічні, дослідні інститути, а також промислові лабораторії.

Притік великих об'ємів знань відбувається на всіх етапах створення і освоєння нової техніки: на рівні наукових відкриттів, лабораторних досліджень, розробки виробничих зразків, при широкому застосуванні в якійсь одній чи в різних галузях.

Аналіз стану проблеми. Всі етапи розробки нової техніки можна згрупувати по чотирьох основних фазах, що у загальних рисах описують весь життєвий цикл створеного продукту: концептування, проектування, конструювання, реалізація [1]. У фазах проектування, конструювання і реалізації створені і розробляються програмні середовища, що дозволяють полегшити працю дослідників, конструкторів та експлуатаційників. Це середовища математичного моделювання MathCad [2], MatLab [3], Matematica [4], Maple [5], Dymola [6], системи автоматизованого проектування AutoCad [7], CATIA [8], T-FLEX CAD [9], Компас [10], ANSYS [11], Unigraphics [12], SolidWorks [13], системи управління базами даних Microsoft Access [14], Lotus Approach[15], dBase [16], Visual FoxPro [17], Oracle [18], MS SQL Server [19].

У фазі ж концептування використовується феноменологістичний опис методів проектування (евристичні методи, методи ітерацій, морфологічного аналізу, декомпозиції, теорія вирішення винахідницьких завдань). Спроби створення середовищ для обробки великих масивів знань, а не просто інформації поки-що не досягли великих результатів.

Феноменологістичний опис мислення людини накладає суттєві обмеження на дослідження, аналіз і використання знань, пов'язаних з діяльністю суспільства. Спроби використати успіхи сучасної математики досягають локальних результатів [20,21]. Впорядкування і структуризація знань – шлях до побудови такого середовища знань, яке б дозволяло моделювати людське мислення у створенні нових машин і механізмів, та дослідженні їх функціонування. Взаємозв'язки і особливості роботи середовища можна відобразити за допомогою графів. Структуру графа можна представити таблично, на основі якої сформувані кінцеву формулу функціонування середовища.

Мета статті. На прикладі тяго-зчіпного пристрою розчленованого транспортного засобу показати можливість використання морфологічного середовища, яке дозволяє впорядкувати знання про конструктивні варіанти і запропонувати один з них на основі прийнятих критеріїв.

Основний матеріал. Морфологічне середовище для моделювання технічних систем представлено в [22]. Об'єкти зовнішнього світу (багатомірна інформація ззовні) завдяки рецепції відображаються в морфологічному середовищі (МП) на множину Ω (рис.1). При цьому формується модельна підсистема відносин (МПВ) або положення (знаходження, місце) об'єктів в МП Ω . МПВ містить саму множину відображень об'єктів (МВО), її сигнатуру Σ та аксіоматику U . Сигнатура Σ – група правил, що встановлюють процедуру порівняння. Сигнатура містить множини правил для відтворення елементарних ознак і властивостей, наборами правил побудови виразів з елементів, що входять в алфавіти. Аксіоматика (словник) U – фундаментальні поняття, що характеризують властивості об'єктів. Аксіоматика містить множини понять, визначень, символів для відтворення елементарних ознак і властивостей, сукупністю понять, визначень, символів і позначень, за допомогою яких утворюються алфавіти мов морфологічного простору.

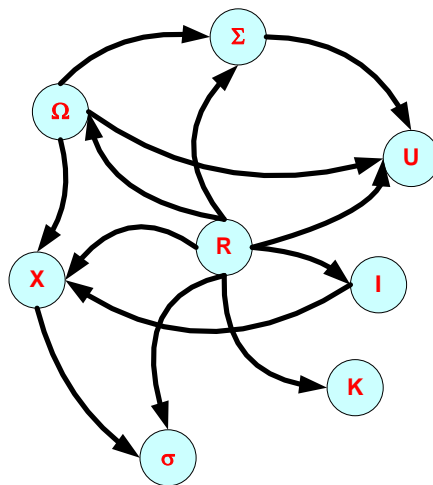


Рис. 1. Взаємозв'язки складових морфологічного середовища

У прагматико-процедурній підсистемі X (ППП) представлені різні перетворення, операції і дії з компонентами зі всіх основних підсистем теорії, а також процедури і правила виконання цих дій. Одночасно вона включає і різні аксіологічні оцінки різних компонент простору, а також явищ і об'єктів з її наочної області.

Модельно-репрезентативна підсистема K відображає область досліджуваної реальності за допомогою концептуальних моделей. З її допомогою явища і об'єкти представлені своїми моделями, які співвідносяться з різними рівнями ієрархії усередині цієї підсистеми. Можна виділити рівні: 1) експериментальних моделей (що містить інформацію про об'єкти, яка отримана без використання МП); 2) повних моделей (при описі яких використовується концептуальний апарат МП); 3) власних моделей МП (для яких виконуються закони МП); 4) обмежень,

представлених особливою підмножиною безлічі повних моделей.

Основна функція проблемно-евристичної підсистеми I полягає у відображенні тих сторін МП, які пов'язані з отриманням нового знання.

Взаємозв'язки між цими підсистемами представлені в підсистемі відповідностей R .

За правилами морфологічного середовища [23] запишемо граф моделювання конструкції тяго-зчіпного пристрою (ТЗП) розчленованого транспортного засобу, наприклад, автопоїзда.

Множина «Сукупність ознак» $R=\{ri\}$ має 3 предмета – значення сукупності ознак, тобто $i=1,\dots,3$, де $r1$ = тяго-зчіпні пристрої; $r2$ = опорно-зчіпні пристрої; $r3$ = комбіновано-зчіпні пристрої.

Множина «Ознаки» $U=\{ui\}$ має 3 предмети – значень ознак, тобто $i=1,\dots,3$, де $u1$ = жорсткі; $u2$ = пружно-демфуючі; $u3$ = з напрямними.

Множина «Характеристики ознак» $L=\{li\}$ має 5 предметів – значень характеристики ознак, тобто $i=1,\dots,5$, де $l1$ = гак-петля; $l2$ = кульові; $l3$ = вилка-петля; $l4$ = фіксація шворня; $l5$ = стопор бокових роликів.

Введемо достатньо чітко окреслену множину $Q=\{qi\}$ областей інтелектуальних знань $qi, i=1,\dots,8$ тобто:

$$Q=\{qi\}, i=1,\dots,8. \quad (1)$$

Можна побудувати парадигматичну таблицю, що відображає зв'язок між областю локалізації інтелектуальних знань qi і предметних змінними l, u, r (табл. 1).

Опишемо, що означає, наприклад, область локалізації інтелектуальних знань $q1=r1u1l1$ = тяго-зчіпні пристрої^v жорсткого типу зв'язку між ланками автопоїзда^v з'єднання гак-петля. $q4=r2u2l4$ = опорно-зчіпні пристрої^v пружно-демфуючого зв'язку між ланками автопоїзда^v з фіксацією шворня.

Область локалізації інтелектуальних знань q виражається через значення предметних змінних r, l, u наступним чином:

$$\begin{aligned} r1u1l1=q1 ; r1u1l2=q2 ; r1u1l3=q3 ; r2u2l4=q4 ; \\ r2u2l5=q5 ; r1u2l1=q6 ; r1u2l2=q7 ; r3u3l1=q8 . \end{aligned} \quad (2)$$

Таблиця 1.

Зв'язок між областю локалізації інтелектуальних знань qi та предметними змінними l, u, r

Сукупність ознак	Ознаки	Характеристики ознаки	
r1	u1	l1	q1
r1	u1	l2	q2
r1	u1	l3	q3
r2	u2	l4	q4
r2	u2	l5	q5
r1	u2	l1	q6
r1	u2	l2	q7
r3	u3	l1	q8

Виконуємо операцію почленної диз'юнкції можливо більшого числа споріднених рівностей [23]. Введення почленної диз'юнкції з використанням спорідненої рівності обумовлене необхідністю отримання локальних областей інтелектуальних знань. Такі області можуть включати більш ніж одну обчислювану обмежену кількість ознак і предметних областей досліджень.

$$\begin{aligned} r1u1(l1 \vee l2 \vee l3) = q1 \vee q2 \vee q3 ; r2u2(l4 \vee l5) = q4 \vee q5 ; \\ r1u2(l1 \vee l2) = q6 \vee q7 ; r3u3l1 = q8 . \end{aligned} \quad (3)$$

Формуємо функцію переходу від предметної області інтелектуальних знань q до локальної області досліджень експерта m , у професійну діяльність якого входить ця область дослідження q .

$$q1 \vee q2 \vee q3 \vee q8 = m1; \quad q4 \vee q5 \vee q6 \vee q7 = m2 \quad (4)$$

Тобто експерт залежно від поставленої проблеми може локалізувати загальну предметну область знань до локальної відповідно до поставленого завдання або на основі прийнятих критеріїв. Це можна сприймати як формальні обмеження для локальної задачі.

Враховуючи залежності предметних областей інтелектуальних знань q від предметних змінних r, l, u (2) та зв'язок між предметними областями інтелектуальних знань q та локальними областями досліджень експерта m (4), залежності локальних областей m від предметних змінних r, l, u мають вигляд:

$$m1 = r1u1(l1 \vee l2 \vee l3) \vee r3u2l1; \quad m2 = r2u2(l4 \vee l5) \vee r1u2(l1 \vee l2) \quad (5)$$

Предикат $P(r, l, u, m)$, що описує зв'язок між локальними областями досліджень експерта m та предметними змінними r, l, u має наступний вигляд:

$$P(r, l, u, m) = m1r1u1(l1 \vee l2 \vee l3) \vee m1r3u2l1 \vee m2r2u2(l4 \vee l5) \vee m2r1u2(l1 \vee l2) \quad (6)$$

Предикат P можна наочно зобразити у вигляді логічної мережі (рис.2). Він описує локальні області досліджень, де домінуючими є дослідження для характеристик ознак $l1$ і $l2$ (конструкції зчіпних пристроїв як гак-петля і кульові).

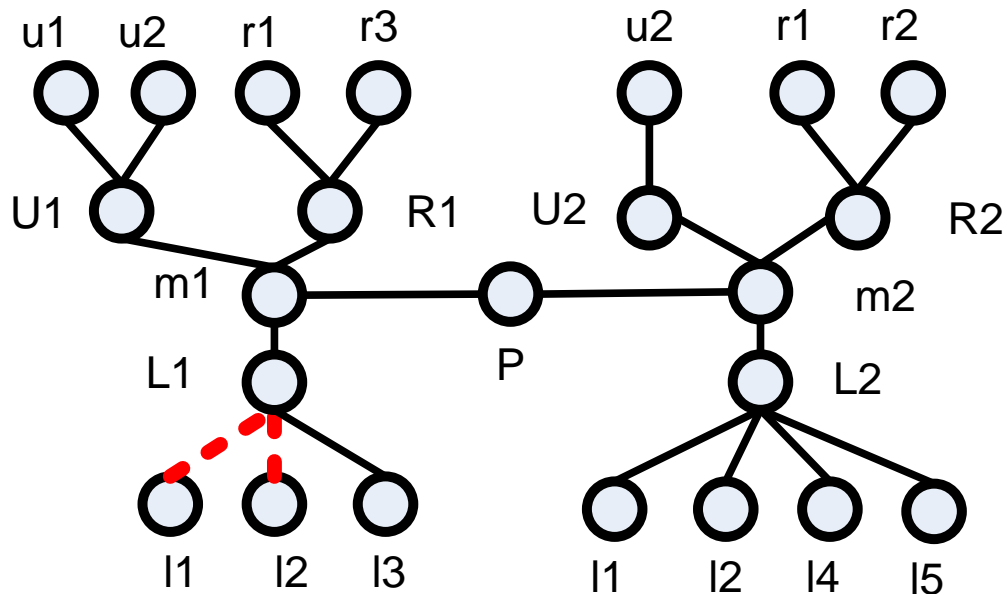


Рис. 2. Предикат P відношень значень змінної m локальних областей досліджень експерта та предметних змінних r, u, l предметних областей інтелектуальних знань q .

Далі вдосконалення ТЗП автопоїзда проведемо з врахуванням його ознак, вибраних з загального переліку ознак. Загальний перелік ознак наведено в табл. 2. Загальний перелік критеріїв наведено в табл. 3.

Характеристики ознак об'єкта

№ п/п	Характеристика	Значення 1	Значення 2	
	Розмір	Великий Малий Посередній		
	Колір			
	Форма (вигляд)	Кубічна Сферична Еліптична Пірамідна Тетраедрна Інша		
	Матеріал	Сталь Чавун Камінь Дерево Пластмаса	Твердий М'який Пористий Змінний	Липкий В'язкий Абразивний Хімічний склад
	Впливи довкілля (розміщення, знаходження, вплив)	Силкові Температурні Електричні Магнітні Хімічні Гравітаційні	Постійні Змінні: спадаючі, зростаючі, пульсуючі	
	Положення	Нахилене Вертикальне Горизонтальне Змінюється (непостійне)		
	Структура	Суцільна Складова Змінна		
	Процес	Передає Перетворює	Розділяє (Дробить) Додає (Збільшує) Сортує	
	Явища, задіяні в процесі	Накладання явищ Розділення явищ Співпадіння (резонанс)	Повільна зміна агрегатного стану Різка зміна агрегатного стану (удар): Силовий Гідравлічний Тепловий Ультразвуковий Світловий Електромагнітний Гравітаційний Пульсація	
	Об'єкт, з яким взаємодіє	Наявний Відсутній		

Критерії оцінки ефективності функціонування машин

Функціональні (призначення), експлуатаційні	Продуктивність, Точність (якість), Надійність (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність), Спеціальні, прохідність, маневреність, динаміка функціонування, Придатність до сервісного обслуговування
Технологічні	Трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу
Часові	Час технологічного циклу, час елементів циклу, суміщення елементів циклу, час допоміжних операцій
Економічні	Затрати матеріалів, енергії, на конструювання, зменшення габаритних розмірів, ощадність, вартість виготовлення та експлуатації
Антропометричні	Ергономічність (вібрації, шум), безпека, екологічність,
Інформаційні	Забезпечення ефективності керування, прогнозування станів робочих процесів
Енергетичні	Робочий процес машини, забезпечення характеристик робочого тіла, оператор і обслуговуючий персонал, виробництво та технічне обслуговування машин
Соціальні	Необхідність, мода, краса, реклама

Вибір критеріїв здійснюватимемо за алгоритмом, представленим на рис. 3.

Оскільки ознак може бути багато, то для зменшення трудозатрат на основі критеріїв відбору проводиться відсів несуттєвих ознак. Ознаки, що залишилися, проходять перевірку на сумісність (рис. 4). Перевірка відбувається на основі базової сукупності частинок знань: сумісність понять – круглий квадрат, суха вода тощо.

Сформована множина ознак матрично формується в базу знань. При цьому доцільно записати об'єкт в процесі, в якому він задіяний, на основі таких розділів як агрегатний стан, його зміна в певних межах, отриманий при цьому ефект, величина ефекту, техніко-експлуатаційні та економічні показники від ефекту.

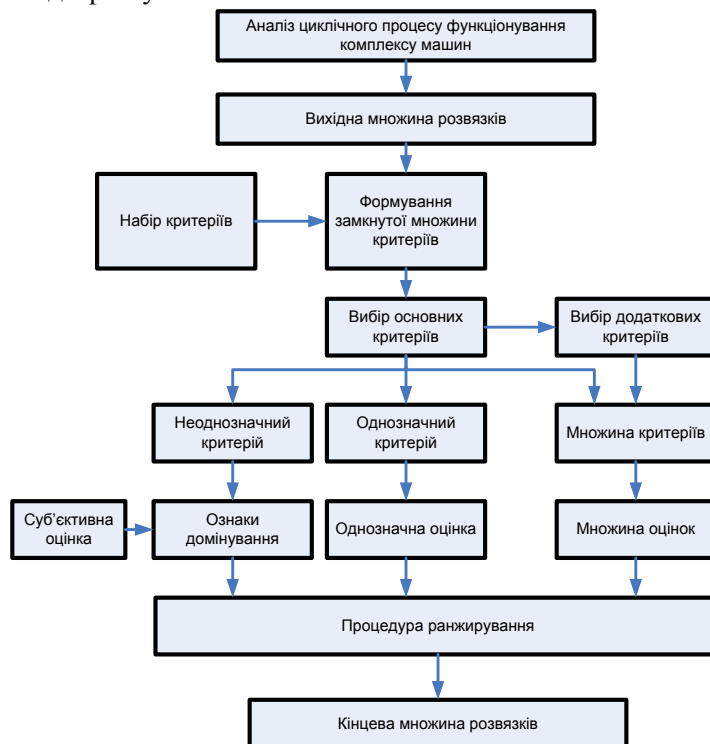


Рис. 3. Послідовність формування замкнутої множини критеріїв

Для ТЗП із загальної множини критеріїв виключаємо соціальні та інформаційні. З основних критеріїв (табл.4) частину критеріїв переводимо в допоміжні (табл.5). Всі критерії є однозначними.

Проводимо процедуру ранжирування для основних критеріїв: продуктивність, надійність, затрати енергії на роботу, затрати матеріалів, вартість виготовлення та експлуатації, придатність до сервісного обслуговування.

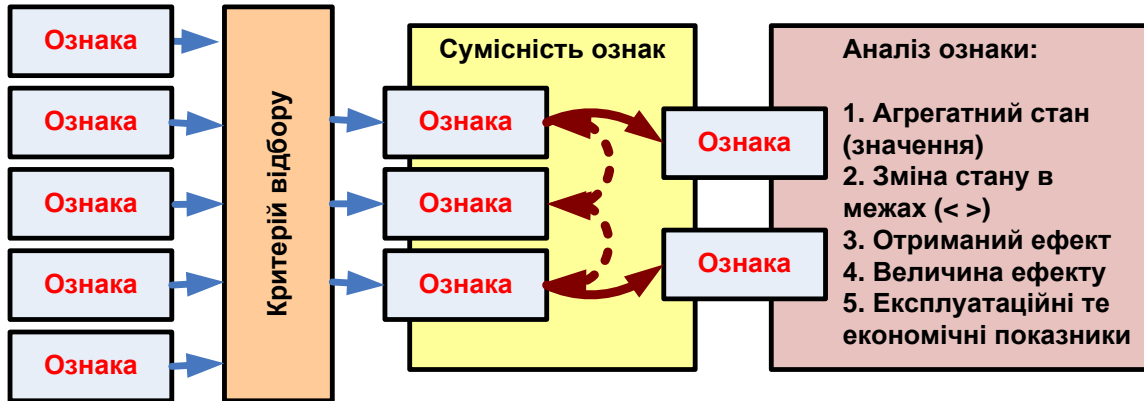


Рис. 4. Аналіз ознак об'єкта дослідження

Табл. 4.

Основні критерії при вдосконаленні ТЗП

Критерії	Основні
Функціональні (призначення), експлуатаційні	Місткість, Надійність (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність), Спеціальні, прохідність, маневреність, динаміка функціонування, Придатність до сервісного обслуговування
Економічні	Затрати матеріалів, енергії, на конструювання, зменшення габаритних розмірів, ощадність, вартість виготовлення та експлуатації

Табл. 5.

Додаткові критерії при вдосконаленні ТЗП

Критерії	Допоміжні
Технологічні	Трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу
Часові	Трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу
Антропометричні	Ергономічність (вібрації, шум), безпека, екологічність,

Проводимо процедуру ранжирування для додаткових критеріїв: час технологічного циклу, час елементів циклу, суміщення елементів циклу, час допоміжних операцій, трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу, ергономічність (вібрації, шум), безпека, екологічність, робочий процес машини, забезпечення характеристик робочого тіла, оператор і обслуговуючий персонал, виробництво та технічне обслуговування машин.

Процедура ранжирування дозволяє визначити важливість критеріїв, їх вагову частку. Проводимо відсів другорядних, менш важливих, критеріїв.

Наступним етапом вдосконалення ТЗП є перевірка на сумісність ознак. Порівнюємо характеристики, наведені в табл. 6. Всі вони сумісні.

Характеристики ознак об'єкта

№ п/п	Характеристика	Значення 1	Значення 2	
1	Розмір	Великий Малий Посередній		
2	Матеріал	Сталь Чавун Камінь Дерево Пластмаса	Твердий М'який Пористий Змінний	Липкий В'язкий Абразивний Хімічний склад
3	Процес	Передає Перетворює	Розділяє (Дробить) Додає (Збільшує) Сортує	

Отже, база знань для моделювання конструкції зчпного пристрою повинна стосуватися тяго-зчпних пристроїв з переважаючою інформацією стосовно пристроїв типу кульові і гак-петля. Пристрої малого розміру, виготовлені з сталі, задіяні в процесах передачі (в даному випадку зусиль).

На основі підбору знань за вказаними ознаками був проведений аналіз характерних конструкцій і їх відповідність для забезпечення функціонування ТЗП з певними експлуатаційними властивостями. Результатом є конструкція зчпного пристрою плаваючого типу, який розміщений між тяговим органом і дишлом причепа, виконаного у вигляді повзуна, що рухається по напрямній, прикріпленій до тягового органа, згідно з винаходом, між дишлом причепа і тяговим органом встановлено пневмобалон і амортизатор двосторонньої дії, а пневмобалон через клапан з'єднано з ресивером, клапан керується блоком керування на основі сигналів від датчиків вантажності і пришвидшення.

Співставлення конструкції з прототипом дає можливість зробити висновок, що заявлене технічне рішення містить новизну, оскільки містить пневмобалон, що може змінювати свою жорсткість при різних режимах руху автопоїзда на основі інформації про завантаження і величину розгону чи гальмуванні автопоїзда.

На рис.4 показано пропонований тяго-зчпний пристрій.

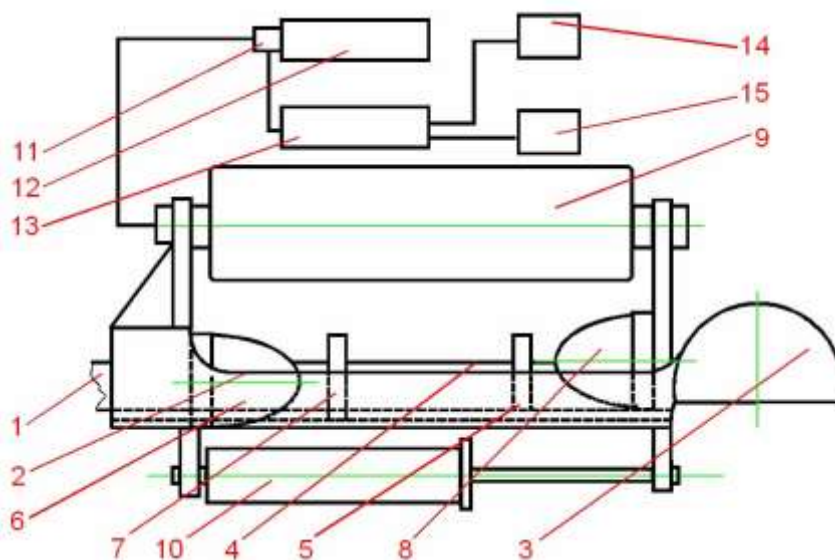


Рис. 4. Тяго-зчпний пристрій

Тяго-зчіпний пристрій містить дишло причепа 1, яке закінчується повзуном 2, напрямку 3, з'єднану з тяговим органом 4. На повзуні 2 встановлено обмежувачий буфер 6 і опорну пластину 7, а на напрямній 3 – обмежувачий буфер 8 і опорну пластину 7, а на напрямній 3 – обмежувачий буфер 8 і опорну пластину 5, дишлом 1 причепа і тяговий орган 4, також пневмобалоном 9 з'єднано і амортизатором двосторонньої дії 10. Пневмобалоном 9 через клапан керування 11 з'єднано з ресивером 12. Клапан керування 11 під'єднано до блока керування 13. До блока керування 13 також під'єднано датчик вантажності 14 і пришвидшення 15.

Пристрій працює наступним чином. При рушанні автопоїзда, завдяки інертності причепа, двигун витрачає потужність тільки на рушання маси тягача. Причеп в цей час залишається нерухомим, оскільки повзун 2 дишла 1 ковзає по напрямній 3 до моменту, коли опорна пластина 5 не впреться в буфер 6 напрямної 3. При цьому також розтягуються пневмобалон 9 і амортизатор. Після деформації буфера 6 через опорну пластину 5 тягове зусилля від двигуна передається на дишло 1 причепа і причеп зрушає з місця. Швидкість зрушення причепа визначається жорсткістю пневмобалона 9. Можливі ривки причепа згладжуються амортизатором 10. Жорсткість пневмобалона 9 визначається кількістю повітря, що подається з ресивера 10 за допомогою клапана керування 11 на основі сигналу з блока керування 12. Блок керування 12 отримує інформацію з датчиків вантажності 13 і пришвидшення 14, розміщених на причепі і на тягачеві. Відповідно відбувається робота пристрою при гальмуванні. Тільки при цьому опорна пластина 7 впирається в буфер 8.

Висновки. Морфологічне середовище дозволяє формувати базу знань заданої структури і на основі визначених критеріїв відсіювати менш вагому інформацію. Це дає можливість обробити і впорядкувати великі масиви знань, зокрема, конструкції ТЗП і запропонувати ефективні конструктивні рішення.

1. Этапы разработки легкового автомобиля: [навч. посіб.] / Е.У. Исаев, Н.С. Соломатин, В.В. Ковтун, В.М. Карпов. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 113 с.
2. Компания Parametric Technology Corporation. Режим доступа: www.ptc.com.
3. Компания The MathWorks Incorporation. Режим доступа: www.mathworks.com.
4. Компания Wolfram Research Incorporation. Режим доступа: <http://mathworld.wolfram.com>.
5. Компания Waterloo Maple Incorporation. Режим доступа: www.maplesoft.com.
6. Modelica language. Режим доступа: www.modelica.org.
7. Компания Autodesk Incorporation. Режим доступа: www.autodesk.com.
8. Multi-platform CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application). Режим доступа: www.3ds.com/products-services/catia.
9. Система автоматизированного проектирования T-FLEX CAD. Режим доступа: tflex.com.
10. Компания АСКОН. Режим доступа: www.kompas.vn.ua.
11. Компания ANSYS. Режим доступа: www.ansys.com.
12. Siemens PLM Software Products. Режим доступа: www.plm.automation.siemens.com.
13. Компания SolidWorks Corporation. Режим доступа: www.solidworks.com.
14. Database management system Microsoft Access/ Режим доступа: <http://office.microsoft.com/en-001/access>.
15. Database management system Lotus Approach. Режим доступа: www.lotus.com/
16. Database management system Dbase. Режим доступа: www.dbase.com.
17. Procedural programming language Visual FoxPro. Режим доступа: microsoft-visual-foxpro.software.informer.com.
18. Компания Oracle Corporation. Режим доступа: www.oracle.com.
19. Система управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server. Режим доступа: microsoft-sql-server.softpedia.com.
20. Нестеров М.М. Мезоморфные вычислительные среды / М.М. Нестеров, В.Н. Трифанов // Научное приборостроение. – 2000. – Т. 10, №2. – С. 20-34.
21. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
22. Зінько Р.В. Морфологічне середовище для моделювання технічних систем. / Р.В. Зінько // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» Луцьк: ЛНТУ. – 2012.– Випуск № 38. – С. 61-66.
23. Бондаренко М.Ф. Теория интеллекта / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко – Харьков: СМІТ, 2006. – 576 с.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014

УДК 624.21.004.69

І.Г.Іваник, С.І.Віхоть, Я.І.Іваник
Національний університет "Львівська політехніка"
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
ПРИ ЗМІНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРУЖНОЇ ОСІ

Розроблена методика розрахунку зусиль в статично невизначених комбінованих конструкціях при зміні положення математичної осі в балці жорсткості, що дозволяє на початковій стадії проектування моделювати напружено-деформований стан в елементах комбінованих конструкцій.

Ключові слова: пружна вісь, сталезалізобетонні конструкції, рівняння нерозривності деформації.

Рис 8. Табл 2. Форм 5. Літ 13.

Разработана методика расчета усилий в статически неопределимых комбинированных конструкциях при изменении положения математической оси в балке жесткости, что позволяет на начальной стадии проектирования моделировать напряженно-деформированное состояние в элементах комбинированных конструкций.

Calculation of composite building structures shall be conducted in stages. Before concrete gains strength of monolithic slab, metal structure is the only to carry loading of its own weight, however after that composite reinforced concrete band carries the whole calculated loading where axis position get to change.

The article describes main principles of the technique of installation of imaginary hinges for the purpose of calculation of forces in static indefinite continuous structures under conditions of position change of mathematical axis in stiffening girder allowing to simulate the stress-strain state in the elements of combined structures at the initial design stage. This technique is used for the purpose of calculation and analysis of the results for combined structure with composite reinforced concrete top band and steel suspension with due consideration of its operation staging.

Мета роботи. Ціллю регулювання напруженого стану будівельних конструкцій є покращення раціональних рішень і технологічних процесів, їх виготовлення, монтажу та роботи при навантаженні. Проблема ж регулювання рівнонапруженого стану в елементах конструкцій на стадії проектування полягає в використанні методики розрахунку. Одним з напрямків вирішення задачі є використання методу, розробленого й апробованого на плоских перехресно-ребристих системах [9].

Постановка проблеми. Комбіновані континуальні плитно-балочні системи при розрахунках найбільш часто замінюють спрощеними дискретними фізичними моделями у вигляді стержневої статично невизначеної системи, елементи якої представляють геометричні осі балки і елементів підвіски, жорсткість яких у статичній схемі відповідає їхнім фактичним жорсткостям.

Регулювання напружено-деформованого стану відображені в значній кількості наукових робіт, зокрема, [6,7,10,11], за кордоном питанням займалися [12,13].

Розглянемо сталезалізобетонну конструкцію, що складається з $n=2$ поздовжніх металевих статично невизначених комбінованих конструкцій, які об'єднані в сумісну просторову роботу за допомогою монолітної залізобетонної плити (рис.1).

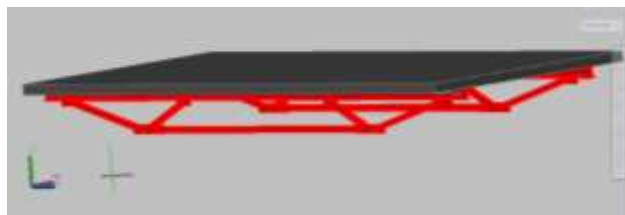


Рис. 1. Просторова комбінована статично невизначена сталезалізобетонна конструкція

Окремо взята комбінована металева статично невизначена конструкція, що складається з балки жорсткості і елементів ферми, завантажена рівномірно розподіленим навантаженням q . Схема завантаження конструкції показана на рис.2. У результаті деформацій балки під навантаженням у статично невизначеній конструкції виникають не тільки зусилля, а й змінюється положення пружної осі балки і відповідно всіх вузлів ферми (рис.3).

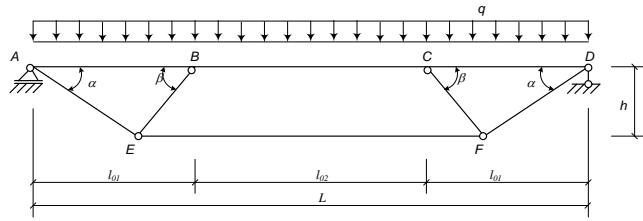


Рис.2. Вигляд комбінованої статично невизначеної конструкції

Методика розрахунку. Для подальшого розв'язку системи використаємо методику введення уявних шарнірів [9] для характерних в системі перерізів – в місцях можливих максимальних моментів в середніх частинах прольотів l_{01} і l_{02} . Розрахункова схема такої конструкції матиме вигляд, відображений на рис.3.

Розрахункова схема системи при введенні в верхньому поясі уявних шарнірів змодельована як конструкція, в якій у верхньому поясі основними зусиллями є невідомі згинальні моменти, поперечні і поздовжні сили, в нижній частині ферми виникають лише поздовжні зусилля (рис.3).

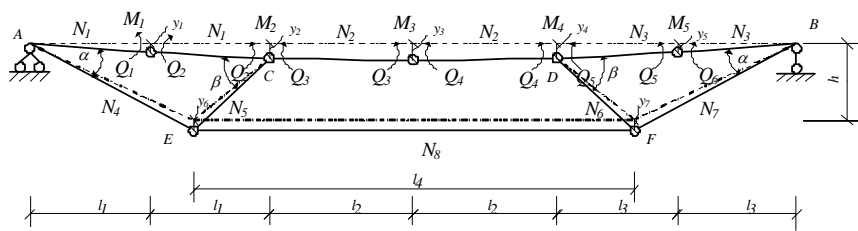


Рис.3. Розрахункова схема комбінованої конструкції

В результаті деформацій комбінованої статично невизначеної конструкції під навантаженням змінюється положення її пружної осі. Позначимо через $n=0, \dots, i$ кількість характерних перерізів балки, в яких прикладені зовнішні навантаження або змінюються жорсткісні характеристики.

Запропонована методика базується на заміні фактичної пружної зігнутої осі балки на фіктивну з введенням уявних шарнірів з одночасним прикладанням згинаючих моментів в характерних точках, яким в реальній балці відповідають точки прикладання зовнішніх сил або перерізи зміни жорсткісних характеристик. Пружну зігнуту вісь зобразимо як вісь з $n = 0, \dots, i$ кількістю проміжних шарнірів, які внаслідок деформації змістились в вертикальному напрямі відповідно на величину y_{np} ($n=0, \dots, i$). Виникнення згинальних моментів M_n , поперечних сил Q_m ($m=1, \dots, i$), поздовжніх сил N_m приймаємо як наслідок переміщення y_n точок (вузлів) пружної осі балки (рис.4).

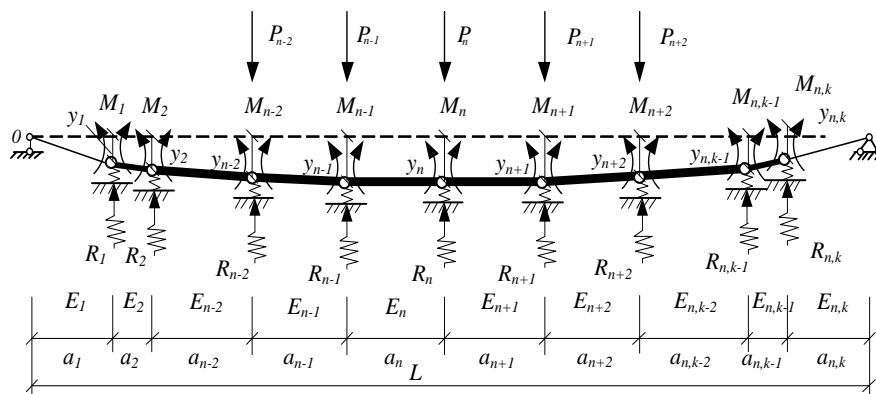


Рис.4. Розрахункова схема балки зі змінною жорсткістю в деформованому стані

Кут взаємного повороту перерізів, які прилягають до n -ого уявного шарніра, викликаний згинальними моментами M_{n-1}, M_n, M_{n+1} , запишемо у вигляді:

$$\Delta_{nM} = M_{n-1} * \delta_{n,n-1} + M_n * \delta_{n,n} + M_{n+1} * \delta_{n,n+1} \quad (1).$$

Рівняння нерозривності деформацій (рівняння i -тих зусиль), які відображають взаємозалежність невідомих згинальних моментів по довжині балки жорсткості, невідомих

поздовжніх сил в елементах конструкції та вертикальних переміщень всіх вузлів комбінованої конструкції, матимуть вигляд:

$$\begin{aligned}
 \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \delta_{14}X_4 + \delta_{15}X_5 + \delta_{16}X_6 + \delta_{17}X_7 - \frac{2y_1}{l_1} + \frac{y_2}{l_2} &= 0 \\
 \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \delta_{24}X_4 + \delta_{25}X_5 + \delta_{26}X_6 + \delta_{27}X_7 + \frac{y_1}{l_1} - \frac{y_2(l_1+l_2)}{l_1 * l_2} + \frac{y_3}{l_2} &= 0 \\
 \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \delta_{34}X_4 + \delta_{35}X_5 + \delta_{36}X_6 + \delta_{37}X_7 + \frac{y_2}{l_2} - \frac{2y_3}{l_2} + \frac{y_4}{l_2} &= 0 \\
 \delta_{41}X_1 + \delta_{42}X_2 + \delta_{43}X_3 + \delta_{44}X_4 + \delta_{45}X_5 + \delta_{46}X_6 + \delta_{47}X_7 + \frac{y_3}{l_2} - \frac{y_4(l_1+l_2)}{l_1 * l_2} + \frac{y_5}{l_1} &= 0 \\
 \delta_{51}X_1 + \delta_{52}X_2 + \delta_{53}X_3 + \delta_{54}X_4 + \delta_{55}X_5 + \delta_{56}X_6 + \delta_{57}X_7 + \frac{y_4}{l_1} - \frac{2y_5}{l_1} &= 0 \\
 \delta_{61}X_1 + \delta_{62}X_2 + \delta_{63}X_3 + \delta_{64}X_4 + \delta_{65}X_5 + \delta_{66}X_6 + \delta_{67}X_7 + y_6 &= 0 \\
 \delta_{71}X_1 + \delta_{72}X_2 + \delta_{73}X_3 + \delta_{74}X_4 + \delta_{75}X_5 + \delta_{76}X_6 + \delta_{77}X_7 + y_7 &= 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

Коефіцієнти δ_{ij} при невідомих рівнянь i -тих зусиль (2) запишуться у вигляді, наприклад:

$$\begin{aligned}
 \delta_{11} = & \frac{2l'_1}{3EI_{red1}} - \mu * \frac{2}{l_1 GA_{red1}} + \frac{2\bar{N}'_{11}{}^2 * l'_1}{6EA_{red1}} + \frac{2\bar{N}'_{12}{}^2 * l'_2}{6EA_{red2}} + \frac{2\bar{N}'_{13}{}^2 * l'_1}{6EA_{red3}} \\
 & + \frac{\bar{N}'_{14}{}^2 * h'}{6 \sin a EA_4} + \frac{\bar{N}'_{15}{}^2 * h'}{6 \sin \beta EA_5} + \frac{\bar{N}'_{16}{}^2 * h'}{6 \sin \beta EA_6} + \frac{\bar{N}'_{17}{}^2 * h'}{6 \sin a EA_7} + \frac{\bar{N}'_{18}{}^2 * (l - 2h * ctg a)}{6EA_8}
 \end{aligned} \tag{3}$$

де \bar{N}'_{ij} – величини поздовжніх сил від дії одиничних моментів у вузлах балки комбінованої

конструкції при зміненому положенні нейтральної осі;

l'_1, l'_2 – величини відповідно крайнього і середнього прольотів балки жорсткості;

h' – математична висота сталезалізобетонної конструкції;

$EI_{red1}, GA_{red1}, EA_{red1}, EA_{red2}$ – величини жорсткісних параметрів прольотів балки жорсткості.

До рівнянь нерозривності деформацій (2), яких недостатньо для знаходження невідомих X_i і y_i , додаммо рівняння статки, які знаходимо з рівноваги панелей і вузлів шпренгельної комбінованої конструкції.

Отримані рівняння нерозривності деформацій і статки формують систему лінійних алгебраїчних рівнянь, достатньо для знаходження невідомих згинальних моментів M_{i1} ($i_1=1\dots i$), прогинів y_{i2} ($i_2=1\dots j$) і осьових поздовжніх сил N_{i3} ($i_3=1\dots k$). Розрахунки здійснені згідно українських [1-3] та європейських [4, 5] нормативних документів.

При влаштуванні сталезалізобетонної статично невизначеної конструкції, зображеної на рис.1, проходить зміщення нейтральної осі балки жорсткості з причини зміни величини приведенного перерізу – від металевої балки жорсткості до сталезалізобетонної (рис.5).

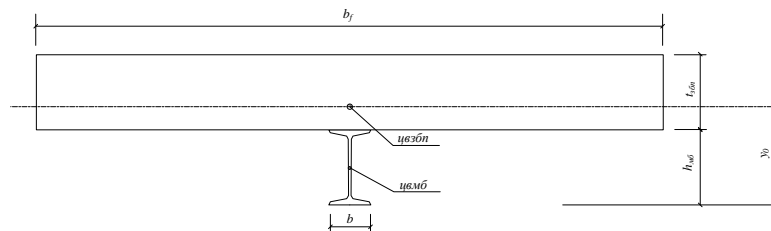


Рис.5. Поперечний переріз сталезалізобетонної комбінованої конструкції.

Зміна жорсткісних параметрів балки $B(x)$ призводить до зміни топології статично невизначеної комбінованої сталезалізобетонної конструкції, а саме (рис.6, рис.7): проходить вертикальне зміщення математичної осі з положення $A-B$ в положення $A'-B'$ балки жорсткості; відбувається відповідне зміщення точок перетину осей дії поздовжніх сил елементів підвіски з новою нейтральною віссю - з точок A, B, C, D в точки A', B', C', D' ; змінюються величини крайніх – від l_1 до $l'_1=l_1+\Delta y_0/tg\alpha + \Delta y_0/\Delta\beta$ - (збільшуються) і проміжних від l_2 до $l'_2=l_2 - 2\Delta y_0/tg\beta$ - (зменшуються) прольотів балки жорсткості;

©І.Г.Іваник, С.І.Віхоть, Я.І.Іваник

збільшується висота самої конструкції: від h до $h' = h + \Delta y_0$. При переміщенні математичної осі на величину Δy_{0i} (рис.6) в верхньому опорному вузлі виникає вже на стадії влаштування монолітної залізобетонної плити від'ємний згинальний момент M_A , спричинений дією вертикальної складової N_{4y} поздовжньої сили N_4 в крайньому підкосі на величину горизонтального зміщення з точкою перетину математичної осі в сталезалізобетонній балці жорсткості $\Delta y_0 / \tan \alpha$.

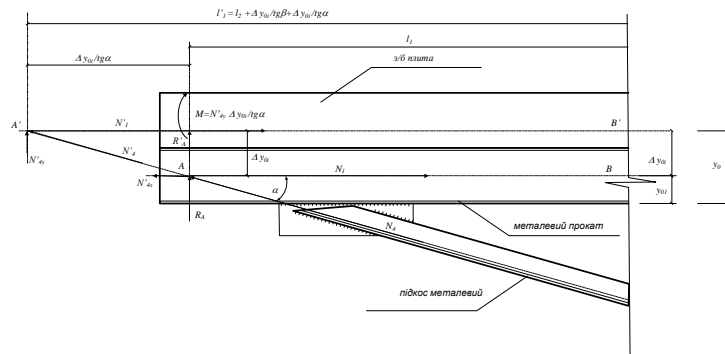


Рис.6. Крайній опорний вузол сталезалізобетонної комбінованої конструкції.

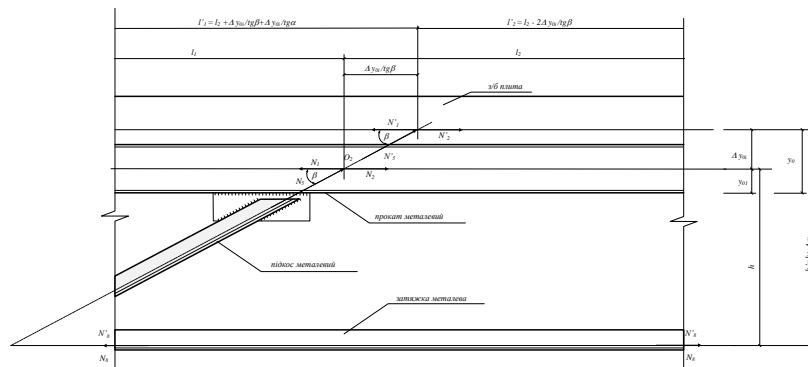


Рис.7. Проміжний вузол сталезалізобетонної комбінованої конструкції.

Проведені попередні теоретичні дослідження інших авторів на прикладі металевих комбінованих конструкцій дають можливість констатувати, що зміна положення математичної осі балки жорсткості в сталезалізобетонній комбінованій конструкції значно збільшує резерви несучої здатності конструкції в цілому.

При розрахунку металевих балок верхнього поясу комбінованої металеві конструкції, об'єднаних з залізобетонною плитою, необхідно враховувати особливості їх роботи під навантаженням, пов'язані з прийнятим способом виготовлення конструкції. Регулювання зусиль в шпренгельній комбінованій сталезалізобетонній конструкції забезпечують сумісною взаємодією верхньої сталезалізобетонної частини і нижньої – металеві. Разом з тим регулювання напружено деформованого стану доцільно здійснити одночасно з технологічним методом, тобто постадійним включенням в роботу різних частин конструкції під час виконання робіт.

Для прикладу покажемо регулювання зусиль в металевій шпренгельній СНКК, верхня частина якої в процесі виконання будівельно-монтажних робіт працюватиме в складі сталезалізобетонної конструкції. В якості несучих конструкцій перекриття в середній частині будівлі запропоновані сталезалізобетонні комбіновані конструкції прольотом 18 м, влаштовані за схемою 6+18+6 м (рис.8).

На першій стадії проектування згідно розробленої методики розрахунку комбінованої однопрольотної металеві комбінованої конструкції прольотом 18 м шляхом покрокового розрахунку знайдено геометричні та пружні параметри її елементів.

Наступним етапом розрахунків був розрахунок перекриття за нерозрізною трьохпрольотною схемою роботи. В результаті бетонування і набору міцності бетоном в крайніх прольотах поперечні перерізи балок в цих прольотах з металевих перетворюються в сталезалізобетонні, жорсткісні характеристики яких значно перевищують початкові. В даному випадку зміщується положення нейтральної осі перетинів в сталезалізобетонній конструкції.

Розрахункова схема такої складної конструкції представляє собою нерозрізну комбіновану сталезалізобетонну і металеву конструкцію зі змінною вздовж жорсткістю з врахуванням зміни

положення по вертикалі нейтральної осі. Величинами положення нейтральної осі є отримані в ході попереднього розрахунку вертикальні переміщення характерних вузлів конструкції (рис.8, в; табл.1, табл 2).

Розроблена методика розрахунку металевих комбінованих конструкцій передбачає в рівняннях нерозривності деформації зв'язок між згинальними моментами й вертикальними переміщеннями. У випадку зміни положення нейтральної осі рівняння нерозривності деформацій матимуть вигляд:

$$\delta_{m,k-2}X_{k-2} + \delta_{m,k-1}X_{k-1} + \delta_{m,k}X_k + \delta_{m,k+1}X_{k+1} + \delta_{m,k+2}X_{k+2} + \frac{y_{k-1} + y_{k-1}'}{l_1} - \frac{(y_k + y_k')(l_1 + l_2)}{l_1 * l_2} + \frac{(y_{k+1} + y_{k+1}')}{l_2} = 0 \quad (4)$$

де y_{k-2}' , y_{k-1}' , y_k' , y_{k+1}' , y_{k+2}' – вертикальні переміщення, визначені в ході попередніх розрахунків для характерних вузлів конструкції.

Рівняння нерозривності деформацій (2) з врахуванням отриманих змін для балки жорсткості матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \delta_{14}X_4 + \delta_{15}X_5 + \delta_{16}X_6 + \delta_{17}X_7 - \frac{2y_1^*}{l_1'} + \frac{y_2^*}{l_2'} &= 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \delta_{24}X_4 + \delta_{25}X_5 + \delta_{26}X_6 + \delta_{27}X_7 + \frac{y_1^*}{l_1'} - \frac{y_2^*(l_1' + l_2')}{l_1' * l_2'} + \frac{y_3^*}{l_2'} &= 0 \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \delta_{34}X_4 + \delta_{35}X_5 + \delta_{36}X_6 + \delta_{37}X_7 + \frac{y_2^*}{l_2'} - \frac{2y_3^*}{l_2'} + \frac{y_4^*}{l_2'} &= 0 \\ \delta_{41}X_1 + \delta_{42}X_2 + \delta_{43}X_3 + \delta_{44}X_4 + \delta_{45}X_5 + \delta_{46}X_6 + \delta_{47}X_7 + \frac{y_3^*}{l_2'} - \frac{y_4^*(l_1' + l_2')}{l_1' * l_2'} + \frac{y_5^*}{l_1'} &= 0 \\ \delta_{51}X_1 + \delta_{52}X_2 + \delta_{53}X_3 + \delta_{54}X_4 + \delta_{55}X_5 + \delta_{56}X_6 + \delta_{57}X_7 + \frac{y_4^*}{l_1'} - \frac{2y_5^*}{l_1'} &= 0 \\ \delta_{61}X_1 + \delta_{62}X_2 + \delta_{63}X_3 + \delta_{64}X_4 + \delta_{65}X_5 + \delta_{66}X_6 + \delta_{67}X_7 + y_6^* &= 0 \\ \delta_{71}X_1 + \delta_{72}X_2 + \delta_{73}X_3 + \delta_{74}X_4 + \delta_{75}X_5 + \delta_{76}X_6 + \delta_{77}X_7 + y_7^* &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

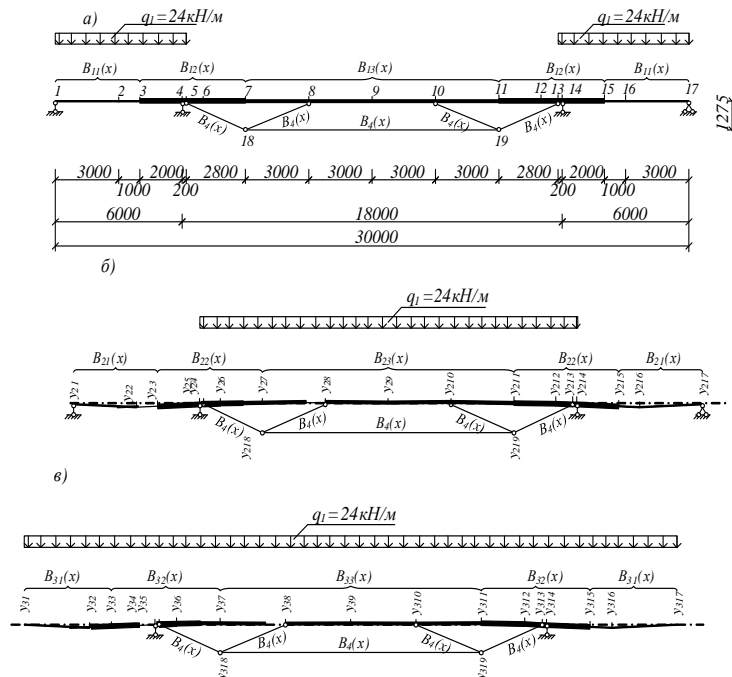


Рис.8. Схеми навантаження нерозрізної комбінованої конструкції: а) схема завантаження крайніх прольотів постійним навантаженням металеві частини шпренгельної комбінованої конструкції – стадія I; б) схема навантаження середнього прольоту постійним навантаженням сталезалізобетонної в крайніх і металеві в середньому комбінованої конструкції – стадія II; в) схема навантаження прольотів постійним і корисним навантаженням сталезалізобетонної комбінованої конструкції – стадія III.

Таблиця 1.

Величини зусиль і напружень в елементах комбінованої конструкції за стадіями прикладання навантаження

елемент		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	5	8	18	
стадія		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
	моменти, кН*м	л	0	2,194	-6,674	-38,811	-30,267	-16,963	2,857	-3,412	18,188	-3,412	2,857	-16,963	-30,267	-38,811	-6,674	2,194			
		п	2,194	-6,674	-38,811	-30,267	-16,963	2,857	-3,412	18,188	18,188	2,875	-16,963	-30,267	-38,811	-6,674	2,194	0			
	поздовжня сила, кН		0	0	0	0	-44,221	-44,221	-44,221	-91,6	-91,6	-44,221	-44,221	-44,221	0	0	0	0	50,167	-52,972	91,6
	напруження		453	1379	2805	2187	1900	290	799	2559	2559	799	290	1900	2187	2805	1379	453	1032	1090	1885
стадія 1	моменти, кН*м	л	0	5,09143	1,98857	-11,4171	-11,4171	-9,63432	-5,17729	1,50824	1,50824	-5,17729	-9,63432	-11,4171	-11,4171	1,98857	5,09143	5,09143			
		п	5,09143	1,98857	-11,4171	-11,4171	-9,63432	-5,17729	1,50824	1,50824	1,50824	1,50824	-5,17729	-9,63432	-11,4171	-11,4171	1,98857	0			
	поздовжня сила, кН		0	0	0	0	4,15989	4,15989	4,15989	8,61691	8,61691	4,15989	4,15989	4,15989	0	0	0	0	-4,719	4,983	-8,617
	напруження		1052	411	825	825	-725	-470	-172	-224	-224	-172	-470	-725	825	825	411	1052	97	102	177
стадія 2	моменти, кН*м	л	0	4,939	1,785	-11,722	-26,863	-22,591	-14,658	-1,488	-1,488	-14,658	-22,591	-26,863	-11,722	1,785	4,939	1,785			
		п	4,939	1,785	-11,722	-26,863	-22,591	-14,658	-1,488	0,37	0,37	-1,488	-14,658	-22,591	-26,863	-11,722	1,785	0			
	поздовжня сила, кН		29,4221	29,4305	4,86557	29,3220	4,42304	4,44006	4,86557	-22,1126	-22,1126	4,86557	4,44006	4,42304	29,3220	4,86557	29,4305	29,4221	24,86	25,995	46,297
	напруження		561	1529	1595	1453	772	104	141	1054	1054	141	104	772	1453	1595	1529	561	512	535	953
стадія 3	моменти, кН*м	л	0	-2,09	-12,39	-47,38	-38,84	-23,03	2,86	5,61	5,61	2,86	-23,03	-38,84	-47,38	-12,39	-2,09	-2,09			
		п	-2,09	-12,39	-47,38	-38,84	-23,03	2,86	5,61	27,38	27,38	5,61	2,86	-23,03	-38,84	-47,38	-12,39	0			
	поздовжня сила, кН		-0,11	-0,12	-0,27	64,75	28,42	24,39	24,35	-19,21	-19,21	24,35	24,39	28,42	64,75	-0,27	-0,12	-0,11	45,01	-48,18	83,61
	напруження		261	1549	2463	2169	1532	115	289	1782	1782	289	115	1532	2169	2463	1549	261	926	991	1720

Таблиця 2.

Величини вертикальних прогинів вузлів комбінованої конструкції за стадіями прикладання навантаження

елемент		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
стадія		2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		0	-5,869	-1,694	0	-0,576	-4,226	-18,501	-37,606	-49,1	-37,606	-18,501	-4,226	-0,576	0	-1,694	-5,869	0	-19,621	-19,621
	стадія 1	0	-13,4308	-9,7036	0	0,7897	3,4065	6,0819	4,2731	3,0850	4,2731	6,0819	3,4065	0,7897	0	-9,7036	-13,4308	0	2,58	2,58
	стадія 2	0	0,96	0,65	0	-0,03	-1,01	-8,49	-21,64	-29,02	-21,64	-8,49	-1,01	-0,03	0	0,65	0,96	0	-11,152	-11,152
	стадія 3	0	1,34	1,83	0	-0,57	-3,56	-13,79	-27,81	-34,67	-27,81	-13,79	-3,56	-0,57	0	1,83	1,34	0	-13,37	-13,37

Висновок. Запропонований принцип введення уявних шарнірів в прийнятій розрахунковій схемі статично невизначеної комбінованої сталезалізобетонної конструкції можна віднести до універсальної і її застосування дає можливість більш простим способом на початковій стадії проектування за рахунок математичного апарату моделювати напружено-деформований стан в елементах конструкції, що дає можливість економніше запроектувати конструкцію в цілому, в тому числі при зміні положення математичної осі балки жорсткості.

1. ДБН В. 2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» - Київ : Мінбуд України.,2011.
2. ДБН В. 2.6-160:2010 «Сталезалізобетонні конструкції» - Київ : Мінбуд України.,2010.
3. ДБН В. 2.6-163:2010 «Сталеві конструкції» - Київ : Мінбуд України.,2010.
4. EN1993-1- Eurocode 3: Design steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Пер. с англійського.
5. EN 1993-1-11:2007 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-11: Design of structures with tension components.
6. Аргирис Дж. Современные достижения в методах расчета конструкций с применением матриц: Пер. с англ./ Под ред. А.Ф.Смирнова.- М., Стройиздат, 1968.- 241 е.: ил
7. Беленя Е.И. Современное состояние и перспективы развития предварительно напряженных стальных конструкций /Е.И. Беленя// Известия вузов. Строительство и архитектура, 1960. – №6. – с. 15-19
8. Іваник І.Г. Розрахунок статично невизначених конструкцій / І.Г. Іваник, М.В. Гоголь, С.І. Віхоть// Дороги і мости. Збірник наукових статей – Київ, 2006.-№ 6. – С. 33-42.
9. Кваша В.Г. Инженерный метод просторового розрахунку плитно-ребристих залізобетонних систем. / В. Г. Кваша, І. Г. Іваник // Проблеми теорії і практики залізобетону. Збірник наукових статей, - в-во Полтавського державного технічного університету ім. Кондратюка. – 1997. Полтава. - С.186-189.
10. Коробко В.И. Проектирование оптимального усиления балок путем постановки шпренгеля /В.И. Коробко, Р.В. Алдушкин// Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений – Курск, 2007. – с. 60-63.
11. Лихтарников М.Я. Расчет стальных конструкций /М.Я.Лихтарников, Д.В.Ладыженский, В.М. Клыков// – К.:Будівельник, 1984. – 368 с.
12. Lewandowski Roman. Aktywna regulacja drgan ram plaskich poddanych dzialaniu wiatru // XLV konf. Nauk. komitetu inzynierii ladowej i wodnej pan i komitetu nauki PZITB “Problemy naukowo-badawcze budownictwa” – Tom 1. – Teoria konstrukcji. – Wroclaw – Krynica: Dolnoslaskie wydawnictwo edukacyjne, 1999. - s. 95-102.
13. Winand A. Applications of the pre-stressing on bridges of the Belgian / A. Winand // Annales des Travaux Publics de Belgique. — 1978. -No. 1-2.- p. 27-31.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014

УДК 656.025.2

І.Є.Іванов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
ВИЗНАЧЕННЯ НЕЛІНІЙНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ РУХЛИВОСТІ

В даній статті висвітлено ряд важливих питань, щодо розподілу транспортної роботи міських пасажирських перевезень в залежності від факторів рухливості населення. Результатом є розробка математичних моделей транспортної рухливості у лінійному та нелінійному виглядах.

Ключові слова: транспорт, населення, рухливість, фактор, автомобілізація, щільність, мережа.

Форм 9. Табл 3. Літ 11.

И.Е.Иванов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДВИЖНОСТИ

В данной статье рассматривается ряд важных вопросов, о распределении транспортной работы городских пассажирских перевозок в зависимости от факторов подвижности населения. Результатом является разработка математических моделей транспортной подвижности в линейном и нелинейном видах.

Ключевые слова: транспорт, население, подвижность, фактор, автомобилизация, плотность, сеть.

I.Ivanov

DEFINITION OF NONLINEAR TRANSPORT MODELS MOBILITY

In this article the impact of transport, urban development, social and economic factors on the transport mobility. This suggests that the overall mobility of the population is a function of the number of residents in the city, the level of car ownership, traffic density and traffic network.

The current study it was found that such factors as the number of residents in the city, the level of car ownership, traffic density is affected directly proportional, and the density of the traffic network is inversely proportional to the mobility of the urban population. In particular, an increase in car ownership leads to increased visits to individual transport, which reduces passenger traffic and leads to fewer routes and thus to reduce the density of the traffic network.

Keywords: transportation, population mobility factor motorization, density, network.

Постановка проблеми. Зміна соціальних, економічних і екологічних показників і параметрів міських пасажирських перевезень призводить до розподілення пасажиропотоків, як між видами міського пасажирського транспорту (МПТ), так і між окремими маршрутами.

Спостерігається [1, 3, 10] такий перерозподіл рівня автомобілізації, зміна питомих параметрів транспортних мереж, динамікою життєвого рівня і суспільного внеску. Потребуючи високого рівня комфорту при переміщенні люди використовують особистий транспорт, при цьому поступаючись незручностями при паркуванні, витратами часу при стоянні в заторах та складністю утримання і експлуатації транспортних засобів.

Останні дослідження показують [1, 8, 10, 11], що на транспортну рухливість населення впливає безліч факторів, вивчення яких потребує системного підходу.

Попереднє прогнозування перерозподілу транспортних потоків за видами транспорту та маршрутами може в значній мірі сприяти розробці і використанню більш адекватних транспортних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1, 10] приведені результати досліджень впливу рівня автомобілізації та кількості мешканців міста на рухливість населення, як загальної так і на міському пасажирському транспорті.

В роботі [6] було розглянуто такі фактори впливу на рухливість населення, як площа міста, розподіл між видами міського транспорту та наслідки транспортного процесу (викиди шкідливих речовин). Розроблено прогнози розподілу населення та оцінено вплив на кількість викидів шкідливих речовин.

Наведені дослідження в роботах [4, 5, 7, 10] показують, що на транспортну рухомість впливають вік та стать мешканців міста, мета поїздки, кількість поїздок за добу, рівень доходів населення, частина міста або передмістя, час поїздки та інші.

Зокрема в роботах [4, 10] проведено статистичну обробку впливу наведених факторів на транспортну рухливість та отримано критерії достовірності в межах статистично достовірних.

Загалом в роботі [10] отримано середню кількість поїздок за добу в залежності від віку, статі, рівня доходів населення міст на селищ в порівнянні за 2001 та 2009 роки.

Проведений аналіз дозволив сформулювати основні етапи досліджень, а саме:

– визначення факторів, що впливають на транспортну рухливість;

- експериментальне визначення розподілу транспортної рухливості міста;
- визначення математичної моделі транспортної рухливості населення;
- статистична обробка експериментальних даних.

Метою дослідження є визначення нелінійної моделі транспортної рухливості населення. Для досягнення цієї мети необхідно виконати статистичну обробку експериментальних даних.

Основні результати дослідження. Для синтезу функцій перерозподілу транспортної роботи між видами реалізації транспортної рухливості населення міст був проведений пасивний експеримент.

В ході експерименту були класифіковані фактори, що визначають рухливість населення P_3 . Попередній аналіз впливу зазначених факторів дозволив зробити висновок про ступінь і якість їх впливу на функцію відгуку P_3 . Попередній аналіз впливу факторів, дозволяє стверджувати, що загальна рухливість населення P_3 є функція від кількості жителів у місті $H_{ж}$, рівня автомобілізації V_a , щільності транспортної δ та маршрутної мережі δ_M , тобто

$$P_3 = f(H_{ж}; V_a; \delta; \delta_M). \quad (1)$$

Для визначення виду функції P_3 від перелічених факторів використаємо експериментальні дані та програмний продукт Statistica [2].

На першому етапі відбувається визначення лінійної залежності між факторами та функцією у наступному вигляді [9]

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n, \quad (2)$$

де a_0, a_1, a_2, a_n – коефіцієнти моделі;

x_1, x_2, x_n – змінні фактори.

Використовуючи програмний продукт Statistica було отримано коефіцієнти моделі й побудовано лінійну математичну модель

$$P_3 = 350,084 + 0,172 \cdot H_{ж} + 1,408 \cdot V_a + 278,195 \cdot \delta - 182,046 \cdot \delta_M. \quad (3)$$

Під час обробки результатів в програмі Statistica були отримані коефіцієнти значимості факторів моделі (табл. 1). Де видно, що такий показник, як кількість жителів у місті $H_{ж}$ є не значимим, що не відповідає проведеним дослідженням. Тому необхідно розглянути інші види математичних моделей.

Таблиця 1.

Коефіцієнти значимості факторів математичної моделі (3)

Фактор	Значення коефіцієнту
Кількість мешканців, $H_{ж}$, тис. чол.	0,247876
Рівень автомобілізації, V_a , авт./1000 мешканців,	0,723187
Щільність транспортної мережі, δ , км/км ²	0,386634
Щільність маршрутної мережі, δ_M , км/км ²	-0,362746

Для отримання ступеневі моделі у програмному середовищі Statistica необхідно використовувати наступну форму запису [2]

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \cdot \ln x_2 + \dots + a_n \cdot \ln x_n. \quad (4)$$

Це дасть змогу отримати ступеневу модель наступного вигляду

$$y = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}. \quad (5)$$

Використовуючи програмний продукт Statistica було отримано коефіцієнти моделі й побудовано степеневу математичну модель

$$P_3 = 73,42 \cdot H_{ж}^{0,314} \cdot Y_a^{0,183} \cdot \delta^{0,091} \cdot \delta_M^{-0,299}. \quad (6)$$

Під час обробки результатів в програмі Statistica були отримані коефіцієнти значимості факторів моделі (табл. 2). Де видно, що такий показник, як щільність транспортної мережі δ є не значимим, що не відповідає проведеним дослідженням.

Таблиця 2.

Коефіцієнти значимості факторів математичної моделі (6)

Фактор	Значення коефіцієнту
Кількість мешканців, $H_{ж}$, тис. чол.	0,878732
Рівень автомобілізації, Y_a , авт./1000 мешканців,	0,415641
Щільність транспортної мережі, δ , км/км ²	0,061081
Щільність маршрутної мережі, δ_M , км/км ²	-0,379728

Для оцінки адекватності отриманої моделі використаємо показник середньої помилки апроксимації [1]

$$\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i^m - y_i^\phi}{y_i^\phi} \right| \cdot 100\%, \quad (7)$$

де N – кількість спостережень, од.;

y_i^m, y_i^ϕ – відповідно розраховане за моделлю та фактичне значення залежної змінної.

Так для залежності (3) середня помилка апроксимації склала 5,04%, а для математичної моделі (6) – 3,4%. Отримані значення свідчать про достатню достовірність отриманих математичних моделей. Але проведена оцінка отриманих моделей на інших містах, які не ввійшли в дані дослідження показала значні відхилення теоретичних значень із експериментальними.

Тому за експериментальними даними необхідно побудувати багато параметричну нелінійну модель, яка б відповідала фактичним значенням. Для цього необхідно:

- по-перше з'ясувати напрямки дії факторів;
- по-друге ступінь відношення кожного із факторів на загальне значення рухливості.

Використовуючи характеристики залежностей вихідних даних було з'ясовано, що кількість жителів у місті, рівень автомобілізації та щільність транспортної мережі впливають прямо пропорційно, а щільність маршрутної мережі обернено пропорційно. Для визначення ступенів (коефіцієнтів) математичної моделі використовуємо відношення значень вільних членів до значення середньої рухливості.

Таким чином був отриманий вигляд математичної моделі

$$Y = a \cdot X_1^b \cdot X_2^c \cdot X_3^d \cdot X_4^e, \quad (8)$$

де Y – загальна рухливість населення, поїздок;

X_1 – кількість мешканців, тис. чол.;

X_2 – рівень автомобілізації, авт./1000 мешканців;

X_3 – щільність транспортної мережі, км/км²;

X_4 – щільність маршрутної мережі, км/км²;

a, b, c, d, e – коефіцієнти моделі.

Для визначення коефіцієнтів моделі скористаємося методами математичного моделювання. За розрахунків почергової підстановки значень коефіцієнтів моделі (табл. 3) та наступною перевіркою на адекватність за критерієм середньої помилки апроксимації, визначимо остаточний вид моделі (8).

Таблиця 3.

Межі варіювання коефіцієнтів математичної моделі визначення загальної рухливості населення

Коефіцієнт моделі	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення
<i>a</i>	100	300	200
<i>b</i>	0,05	0,1	0,075
<i>c</i>	0,05	0,5	0,275
<i>d</i>	0,05	0,2	0,125
<i>e</i>	0,05	0,2	0,125

Виконавши процес моделювання та перевірку на адекватність було виявлено, що при значеннях коефіцієнтів $a = 177; b = 0,063; c = 0,27; d = 0,1; e = 0,05$ теоретична рухливість населення описує реальний процес, а значення середньої помилки апроксимації складо 5,72%.

Таким чином математична модель (8) матиме вигляд

$$P_3 = 177 \cdot H_{ж}^{0,063} \cdot Y_a^{0,27} \cdot (\delta - 1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05} \quad (9)$$

Аналіз проведених оцінок коефіцієнтів парної кореляції при різних значеннях рухливості, показав, що їх не значне відхилення (від 2,1 до 7,0%) ще раз підтверджує теорію про узгодженість фактичних та розрахованих за моделлю (9) значень.

Висновок. Наведені математичні моделі (3), (6), (9) визначення транспортної рухливості дозволяють визначити останню при заданих параметрах вулично-дорожньої та маршрутної мережі, співвідношенні поїздок на масовому та індивідуальному пасажирському транспорті. Зокрема збільшення рівня автомобілізації призводить до збільшення поїздок на індивідуальному транспорті, а це зменшує пасажиропотік й призводить до зменшення кількості маршрутів й відповідно до зниження щільності маршрутної мережі.

Наведені результати досліджень в роботі [10] підтверджують отримані нами закономірності, а саме зменшення кількості поїздок на масовому пасажирському транспорті й збільшення на індивідуальному.

1. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: Вид-во „Форт”, 2011. – 507 с.
2. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Н Дрейпер, Г Смит. – М.: Диалектика, 2007. -912 с.
3. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.
4. Системологія на транспорті. Технологія наукових досліджень і технічної творчості [Текст] / [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2007. – 318 с.
5. Vocarejo S., J. P. Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments [Текст] / J. P. Vocarejo S., D. R. Oviedo H. – Journal of Transport Geography, 2012. – Vol. 24. – P. 142-154.
6. Doi, K. Looking at sustainable urban mobility through a cross-assessment model within the framework of land-use and transport integration [Текст] / K. Doi, M. Kii. – IATSS Research, 2012. – Vol. 35. – P. 62-70.
7. Frändberg, L. More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort [Текст] / L. Frändberg, B.Vilhelmson. – Journal of Transport Geography, 2011. – Vol. 19, Iss. 6. – P. 1235–1244.
8. Ples, R. Public Transport in Developing Countries [Текст] / R. Ples. – Elsevier, 2005. – 478 p.
9. J.Simpson, B. Urban public transport today [Текст] / B. J.Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p.
10. Mattson, J. Travel Behavior and Mobility of Transportation-Disadvantaged Populations: Evidence from the National Household Travel Survey [Текст] / J. Mattson. – Fargo, 2012. – 49 p.
11. Kim, S. Assessing mobility in an aging society: Personal and built environment factors associated with older people’s subjective transportation deficiency in the US [Текст] / S. Kim. – Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2011. – Vol. 14, Iss. 5. – P. 422–429.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014

УДК 626.113

О.Ф.Картава, А.Г.Картавий, В.О.Хрутьба
Луцький національний технічний університет
Національний транспортний університет
ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЛОГІСТИКИ В РЕГІОНАЛЬНИХ
ПРОГРАМАХ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

В статті на основі розроблених методів управління проектами та програмами визначено шляхи впровадження бізнес-стратегії екологічної логістики при розробці регіональної програми поводження з відходами.

Ключові слова: утворення відходів, накопичення відходів, утилізація, забруднення навколишнього середовища, екологічна логістика.

Табл. 1 Літ 8.

Е.Ф.Картавая, А.Г.Картавий, В.А.Хрутьба
ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОГИСТИКИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ
ПРОГРАММАХ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

В статье на основании разработанных методов управления проектами и программами определены пути внедрения бизнес-стратегий экологической логистики при разработке региональной программы обращения с отходами.

Ключевые слова: образование отходов, накопление отходов, утилизация, загрязнение окружающей среды, экологическая логистика.

Е.Kartava, А.Kartavuy, V.Hrutba.
METHODS OF ENVIRONMENTAL LOGISTICS IN REGIONAL PROGRAMMES
WASTE MANAGEMENT.

The article is based on methods developed project and program the ways of implementing the business strategy of environmental logistics in the development of regional waste management program.

At present, one of the global environmental problems mankind is excessive formation and accumulation of industrial and domestic waste. Due to the low level of processing waste in the state has a backlog of about 30 billion tons. Per capita income in Ukraine annually produced 14-16 tons of waste (2008-2013) to 6.0 t / capita in the EU. These volumes are increasing every year nearly 500 million tons.]. The regional strategy in the field of waste management is one of the most important components of social and economic development of the region. Reforming this system, consistent reduction of waste accumulation on the ground, limiting the amount of their formation, expansion of recycling, disposal, environmentally safe to remove them, reuse should be implemented based on the study and application of advanced European experience. Part of this experience is the introduction of the logistic approach in handling applications waste.

Logistic system of waste management should include an analysis of the movement of waste from formation in any manufacturing process to becoming a marketable product or subsequent recycling or safe storage in the environment. At the same time, in recent years the impact of logistics on climate change has received increasing attention. All the logistic system of distribution of goods affects the quality of air, generates noise and vibration, creates the causes of accidents and makes a significant contribution to global warming. Thus, the development of logistics systems with minimizing environmental impacts is an urgent problem. Implementation of logistics system can identify key parameters that can be modified to significantly reduce the impact of logistics on the environment. Integrating ecological principles in strategic planning, logistics and coordination of environmental management at the strategic, commercial, functional and organizational levels of the hierarchy of decision making in logistics processes will implement the business strategy of environmental logistics in the development of regional waste management program.

Keywords: waste, waste storage, waste, pollution, environmental logistics

Актуальність роботи. На сьогодні однією з глобальних екологічних проблем людства є надмірне утворення і накопичення промислових і побутових відходів. Нажаль, Україна посідає одне з провідних місць серед країн з найбільшими обсягами утворення і накопичення різного роду відходів на душу населення. Цьому сприяє багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація і низький технологічний рівень промисловості. Через низький рівень перероблення відходів їх у державі вже накопичилось близько 30 млрд. тонн. У розрахунку на душу населення в Україні щороку утворюється 14-16 т відходів (2008-2013 роки) проти 6,0 т/душу населення в країнах ЄС. У порівнянні із середніми показниками генерування відходів в Європейському Союзі українські обсяги виглядають екстремальними. Ці обсяги щорічно зростають майже на 500 млн. тонн, з яких – 11 млн. тонн складають побутові відходи. З них повторну переробку проходять лише 3%. Решта розміщується на полігонах та сміттєзвалищах, які не відповідають жодним екологічним вимогам. Тільки 7% побутових відходів переробляється і утилізується: з них 3% – завдяки роздільному збору відходів і переробці вторинної сировини (1% завдяки

заготівельним пунктам), 4% – спалюється на сміттєспалювальних заводах. Кількість ТПВ має стійку тенденцію до зростання. Потребує вдосконалення система збору та утилізації ТПВ [3]. Регіональна стратегія у сфері використання відходів є однією з найважливіших складових управління соціально-економічним розвитком регіону. Реформування цієї системи, послідовне скорочення накопичення відходів на місцях, обмеження обсягів їх утворення, розширення утилізації, знешкодження, екологічно безпечно їх видалення, повторне використання мають впроваджуватися на основі вивчення та застосування передового європейського досвіду, складовою частиною якого є впровадження логістичних підходів в програмах поводження з відходами [4].

Термін «логістика» широко використовується для опису процесів транспортування, зберігання, обробки продуктів, їх переміщення від сировинної бази, через системи виробництва до кінцевого пункту продажу або споживання. Незважаючи на те, що ці види діяльності мали фундаментальне значення для економічного розвитку і соціального благополуччя протягом тисячоліть, тільки за останні 50 років, логістика стала розглядатися як ключовий чинник, що визначає ефективність бізнесу, професії та галузь наукового дослідження. Протягом цього періоду домінуючою парадигмою управління та вивчення логістики був комерційний підхід.

Логістична система поводження з відходами має включати в себе аналіз руху відходів від утворення в будь-яких виробничих процесах до перетворення в товарний продукт чи наступну утилізацію або безпечно зберігання в навколишньому середовищі. Одночасно з цим, в останні роки вплив логістики на зміну клімату привертає все більшу увагу. Вся логістична система розподілу товарів погіршує якість повітря, генерує шум і вібрацію, створює причини аварій і здійснює значний внесок в глобальне потепління. Отже, розробка логістичних систем з мінімізацією впливів на довкілля є актуальною проблемою [6].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Дослідження в галузі екологічної логістики є відносно новою сферою дослідження, проте в закордонних дослідженнях вже досягнуто достатній ступінь методологічної зрілості. Проте, існує проблема впровадження розроблених підходів до умов України, розробка логістичних систем поводження з відходами в умовах функціонування регіональних програм. Розробка таких бізнес-моделей в яких навколишнє середовище є її ключовим елементом.

Мета статті. Метою роботи є визначення шляхів впровадження бізнес-стратегії екологічної логістики при розробці регіональної програми поводження з відходами.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні задачі:

- проаналізувати основні задачі екологічної логістики;
- визначити причини, що спонукають впроваджувати систему екологічної логістики;
- визначити шляхи впровадження бізнес-стратегії екологічної логістики при розробці регіональної програми поводження з відходами.

Виклад основного матеріалу. На території Волинської області щорічно утворюється понад 1000 тис. м³ твердих побутових відходів, які захоронюють на полігонах та сміттєзвалищах в населених пунктах області. Наприклад, протягом 2010 року в області накопичено 1495 тонн відходів I-III класів небезпеки. Основними джерелами утворення відходів у Волинській області є підприємства гірничо-добувного, машинобудівного, будівельного, деревообробного та агропромислового комплексів, які розміщені по всій території області [2].

Напружена ситуація у Волинській області, пов'язана з утилізацією відходів життєдіяльності, ускладнюється відсутністю моніторингу обсягів відходів виробництва і споживання, системи управління їх потоками, що є доказом необхідності застосування логістичного підходу, в основі якого покладено концепцію ресурсозбереження та принципи системності, раціоналізації, доцільності, екологічності.

Відповідно до існуючої нормативно-правової бази у сфері поводження з відходами Держжитлокомунгосп розробив, а Кабінет Міністрів України Постановою № 265 від 04.03.2004 року затвердив Програму поводження з твердими побутовими відходами в Україні, яка викладає напрямки розвитку української системи поводження з ТПВ. Ця програма сформувала базис для розробки Національної стратегії поводження з ТПВ в Україні, яка доповнює Програму та містить всебічну схему розвитку систем поводження з ТПВ в Україні в довгостроковій перспективі.

Основна мета Національної стратегії поводження з ТПВ в Україні полягає в зменшенні обсягів утворення та негативного впливу всіх видів ТПВ, а, відповідно, в забезпеченні стабільного розвитку, чистоти українських міст та здоров'я населення.

Державна програма поводження з ТПВ затверджена постановою Кабінету Міністрів

України від 4 березня 2004 р. N 265 урядом у 2004 р. Її метою є створення умов, що сприятимуть забезпеченню повного збирання, перевезення, утилізації, знешкодження та захоронення побутових відходів і обмеження їх шкідливого впливу на довкілля та здоров'я людини. [1].

Відповідно до Національної Програми поводження з твердими побутовими відходами в кожному регіоні України розроблені обласні програми поводження з відходами на певний період.

На Волині була розроблена і затверджена Регіональна програма "Регіональна екологічна програма «Екологія 2011-2015 та прогноз до 2020 року», яка спрямована на розв'язання ключових екологічних проблем Волинської області, пов'язаних з неефективним поводженням з відходами, зменшення накопичення відходів у місцях їх складування, забезпечення повторного використання відходів, а також створення системи комплексного управління твердими побутовими відходами з вилученням вторинної сировини.

Основною концепцією, місією програми, яка розвивається в комплекс конкретних заходів, є формування системи поводження з відходами на території Волинської області, реалізація комплексу заходів щодо запобігання або зменшення обсягу утворення відходів, максимальної їх утилізації, забезпечення екологічно безпечного видалення відходів, впровадження ресурсозберігаючих технологій з метою відвернення негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людей.

Основними завданнями програми, які формують її проекти є:

- забезпечення збирання, своєчасного знешкодження та видалення відходів, а також дотримання правил екологічної безпеки при поводженні з ними;
- зведення до мінімуму утворення відходів та зменшення рівня їх небезпечності;
- забезпечення комплексного використання матеріально-сировинних ресурсів;
- сприяння максимально можливій утилізації відходів шляхом прямого або повторного використання ресурсоцінних відходів;
- забезпечення безпечного видалення відходів, що не підлягають утилізації, шляхом впровадження відповідних технологій, екологічно безпечних методів та засобів поводження з відходами.

При цьому виникає необхідність створення такого механізму управління програмою поводження з відходами, який би поєднував ринкові закономірності і регулюючий вплив державного управління. Цей механізм повинний забезпечити гнучке і ефективне регулювання процесів використання обмежених фінансових ресурсів і сприяти рішенню комплексу вкрай актуальних задач збереження і розвитку економічного і інтелектуального потенціалу міста, регіону, країни.

Сьогодні нерозв'язаними лишаються проблеми, пов'язані із збором, сортуванням, знешкодженням і утилізацією відходів, насамперед побутових. Якщо промислові відходи складаються, переробляються і нейтралізуються або на території підприємства, або на централізованих спеціальних станціях, то побутові відходи, які є повсюдно, потребують певної організаційної роботи щодо їх збору, транспортування та утилізації.

Аналіз та узагальнення вітчизняних та закордонних підходів до трактування поняття «екологічна логістика» дозволив визначити основну задачу екологічної логістики в забезпеченні руху матеріалу при будь-яких виробничих процесах аж до його перетворення на товарний продукт і відходи з подальшим проведенням відходів до утилізації або безпечного зберігання в навколишньому середовищі. Екологічна логістика також забезпечує збір і сортування відходів, що утворюються при споживанні товарних продуктів, їх транспортуванні, утилізації або безпечному зберіганні в навколишньому середовищі. Запропоновано та теоретично обґрунтовано трактування поняття «екологічна логістика» як підсистеми управління матеріальними та супутніми потоками від первинного джерела до кінцевого споживача, що забезпечує мінімізацію екодеструктивного впливу на довкілля [5]. Таке трактування дає можливість обґрунтувати необхідність формування еколого-економічного механізму управління як макрологістичною системою міста (регіону), так і мікрологістичною системою транспортного підприємства. Для всіх рівнів управління логістичною системою доцільно розглядати наступні задачі [6,7]:

- Підвищення екологічної ефективності палива при вантажних та пасажирських перевезеннях.
- Проведення постійного аудиту вуглецевих викидів в ланцюгу перевезень.
- Передача вантажів переважно на "зелений" вид транспорту.
- Розробка "зелених" транспортних засобів, повітряних та морських суден.
- Зменшення впливів на навколишнє середовище при складуванні.

- Впровадження реверсивної (оборотної) логістики поводження з відходами.
- Створення стійкої системи логістики міста.
- Державне забезпечення стійкості логістичної системи.

Як показали дослідження PE International (Великобританія), на сьогоднішній день керівниками і топ-менеджерами великих компаній визнається ряд суттєвих економічних переваг при впровадженні систем екологічної логістики [8]. Результати опитування, проведеного компаніями EyeforTransport (2007), Aberdeen Group (2008), Insight (2008), в якості основних чинників впровадження систем екологічної логістики, виділили такі, як підвищення корпоративного іміджу, конкурентоспроможності компанії, економії на витратах та дотримання державних нормативно-правових вимог (табл.1).

Таблиця 1.

Переваги впровадження систем екологічної логістики.

Aberdeen Group (2008)	Insight (2008)
Скоротити загальні витрати на бізнес (56%)	Поліпшення іміджу бренду (%)
Підвищення корпоративної відповідальності (%)	Задовольнити вимоги клієнта (%)
Збільшення прибутків (48%)	Відмінність від конкурентів (%)
Скорочення відходів і поліпшення поводження з ними (43%)	Скорочення витрат на логістику (52%)
Поліпшення видимих мотивів впровадження логістичних ланцюгів споживання (41%)	Створення конкурентних переваг (47%)
Збільшення використання вторсировини (%)	Оптимізація логістичного процесу (40%)
Підвищити ефективність використання сировини (35%)	Вихід на нові ринки (38%)
Скорочення викидів (33%)	Оптимізація виробництва (%)
Залучення нових клієнтів / розробка нових продуктів (26%)	Скорочення виробничих витрат (32%)
Скорочення використання токсичних матеріалів (19%)	Інші (2%)
Підвищення рівня задоволення працівників (9%)	

Розробка бізнес-стратегії екологічної логістики при розробці регіональної програми поводження з відходами вимагає використовувати найбільш повного спектру параметрів, а не покладатися на локальні ініціативи. Зміна параметрів вимагає різного рівня матеріально-технічних рішень, які можуть бути диференційовані на чотирьох рівнях [6] :

- Стратегічні рішення, пов'язані з кількістю, місцем і потенціалом підприємств-перевізників відходів, підприємств – переробників відходів, місцем складування та захоронення відходів.
- Комерційні рішення на пошук продуктів вторинної переробки відходів, субпідрядних процесів рециклінгу відходів та розподілу готової продукції. Це створення структури торгових зв'язків між компанією - переробником та її постачальниками, дистриб'юторами і клієнтами.
- Оперативні рішення з питання про терміни виробництва із ресурсоцінної сировини і розподілу, переклад торговельних зв'язків на окремі потоки вантажів і визначити швидкість обертання інвентаризації на складах.
- Функціональні рішення, що стосуються управління матеріально-технічними ресурсами для рециклінгу відходів. У контексті визначаються рішення на трьох попередніх

рівнях, менеджери з логістики на свій розсуд здійснюють вибір, маршрутизацію і завантаження транспортних засобів та методи роботи в складах.

При впровадженні проекту екологізації логістичних процесів в програмах поводження з відходами важливо враховувати тенденцію обмежитися ініціативами на нижньому рівні ієрархії прийняття рішень, де вони визначаються як економічними, так і екологічними вигодами. Рішення функціонального рівня найчастіше зосереджені на підвищення ефективності використання палива при вантажоперевезеннях, оптимізації маршрутизації автотранспорту та енергозбереження на складах. Хоч вони, безумовно, необхідні і ефективні, більша частина екологічних наслідків може бути досягнута на верхньому рівні стратегічних і комерційних рішень, які стосуються, наприклад, централізації регіональної логістичної системи при поводженні з відходами, її інвентаризації або ширший пошук методів підвищення екологічної безпеки при збільшенні інтенсивності транспортних систем. Основне завдання в даний час полягає в інтеграції екологічних принципів у стратегічне планування логістики та координації екологічного управління на всіх чотирьох рівнях прийняття рішень.

Висновок. Впровадження логістичної системи дозволяє виділити ключові параметри, зміна яких можна суттєво зменшити вплив логістичної діяльності на навколишнє середовище. Інтеграція екологічних принципів у стратегічне планування логістики та координації екологічного управління на стратегічному, комерційному, функціональному та організаційному рівнях ієрархії прийняття рішень в логістичних процесах дозволить реалізувати бізнес-стратегію екологічної логістики при розробці регіональної програми поводження з відходами.

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 р. N 265, Київ, Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/265-2004>
2. Картавий А.Г., Шкльода К.М., Хрутьба В.О. Аналіз програми поводження з відходами регіону як об'єкту управління // Вісник НТУ, №20. – 2010, с.149-155.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. - К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2011.-254 с.
4. Хрутьба В.О., Картавий А.Г., Зерук В.А. Реформування регіональної системи поводження з відходами на основі європейського досвіду // Вісник НТУ, №22. – 2011, с.92-99.
5. Чортюк Ю.В. Еколого-економічний механізм управління логістичною системою торговельного підприємства. – автореф. дис. на здобуття наук. ст. канд. економ. наук за спец. 08.00.06 – економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. – Сумський державний університет. - Суми, 2010. - 23 с.
6. Матейчик В.П., Смешек М., Хрутьба В.О. Застосування логістичних підходів в системі поводження з відходами транспортного підприємства // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2011. – Вип. 8.
7. Розробка технологій поводження з відходами в транспортно-дорожньому комплексі / В.П.Матейчик [та ін.]; Міністерство освіти України, Національний транспортний університет. – К.;, 2010. – 145 с. - Деп. у УкрІНТІ, №ДР 0107U009610.
8. Green logistics. Improving the environmental sustainability of logistics / Alan McKinnon, Sharon Cullinane, Michael Browne and Anthony Whiteing, the Chartered Institute of Logistics and Transport, London, 2010, 372 p.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014

УДК 656.084

А.А.Кашканов, О.Г.Грисюк, А.О.Яровенко
Вінницький національний технічний університет
Барський автомобільно-дорожній технікум Національного транспортного університету
МОДУЛЬНИЙ ПРИНЦИП СИНТЕЗУ СИСТЕМИ
АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Запропоновано використання модульної технології синтезу, яка надає засоби для автоматизації компонентного проектування інтегральної системи автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод любого рівня складності та якості зі стандартних модулів, забезпечує високу гнучкість системи при зміні умов її функціонування.

Ключові слова: модульний принцип, синтез системи, компонентне проектування, автотехнічна експертиза, дорожньо-транспортні пригоди.

Рис 3. Форм. 2. Літ 10.

А.А.Кашканов, О.Г.Грисюк, А.О.Яровенко
МОДУЛЬНИЙ ПРИНЦИП СИНТЕЗА СИСТЕМИ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Предложено использование модульной технологии синтеза, которая предоставляет средства для автоматизации компонентного проектирования интегральной системы автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий любого уровня сложности и качества из стандартных модулей, обеспечивает высокую гибкость системы при изменении условий ее функционирования.

A.Kashkanov, O.Grysyuk, A.Yarovenko
MODULE PRINCIPLE OF THE SYSTEM SYNTHESIS OF MOTOR-VEHICLE
EXAMINATION OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

The use of synthesis module technology, which gives facilities for a component computer-aided of the integral system of motor-vehicle examination of road traffic accidents of complication any level and quality design from the standard modules by analogy with assembling of computers, cars or programmatic complexes, is offered from the prepared blocks, called stuff wares. The process of information collection about the modules and their standardization is enough difficult and labour intensive, however provides high flexibility of the system at the change of her operating conditions. Essence of module principle consists of creation possibility of the various difficult systems of the different functional setting from the several of the primary elements-modules. In accordance with it the module is an independent element, performing the certain duty (or functions), with certain entry and output parameters. The modules can unite, forming the difficult systems, to separate and replaced with the purpose of the systems receipt with other components and descriptions at their functioning. The primary purpose of synthesis module technology application of the motor-vehicle examination systems is upgrading and minimization of subjectivity of road traffic accidents investigation.

Постановка проблеми

Проблема безпеки на автомобільному транспорті України час від часу стає об'єктом активного обговорення у засобах масової інформації та підвищеної активності з боку вищих посадових осіб держави, Державного департаменту ДАІ тощо. Адже у 2013 р. в Україні було скоєно 30677 дорожньо-транспортних пригод (ДТП), в яких загинуло 4824 та поранено 37526 осіб [1]. Кількість загиблих у ДТП в Україні складає приблизно 14 % від загиблих в ДТП у всій Європі, а кількість автомобілів становить лише 2,2 %. За оцінками експертів Всесвітнього банку, збитки народного господарства України від ДТП за кожен рік оцінюються майже у 3,5 % внутрішнього валового продукту (ВВП).

До причин високого рівня аварійності на автошляхах країни можна віднести: низький рівень правової культури учасників дорожнього руху; нехтування елементарними вимогами безпеки (невикористання ременів безпеки; ведення переговорів за допомогою мобільних телефонів за кермом автомобіля; перевезення маршрутними таксі кількості пасажирів більшої, ніж наявність посадкових місць; перехід пішоходами дороги поза спеціально облаштованими переходами і т.д.); технічний стан транспортних засобів; жахливий стан автомобільних доріг (особливо у весняний період); безкарність осіб, які скоїли правопорушення, пов'язані з транспортом.

ДТП можна охарактеризувати як «розлагодження» взаємодії системи водій – автомобіль – дорога – навколишнє середовище. Як правило, пригоди розвиваються за декілька секунд, а інколи за доли секунди. Як відомо, кожна ДТП має свої певні особливості, при чому в більшості пригод одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків (рис. 1). Це ускладнює експертизу ДТП і зумовлює те, що об'єктивність розслідування залежить від правильності вибору початкових даних та методики інженерного розрахунку [2-6].

©А.А.Кашканов, О.Г.Грисюк, А.О.Яровенко

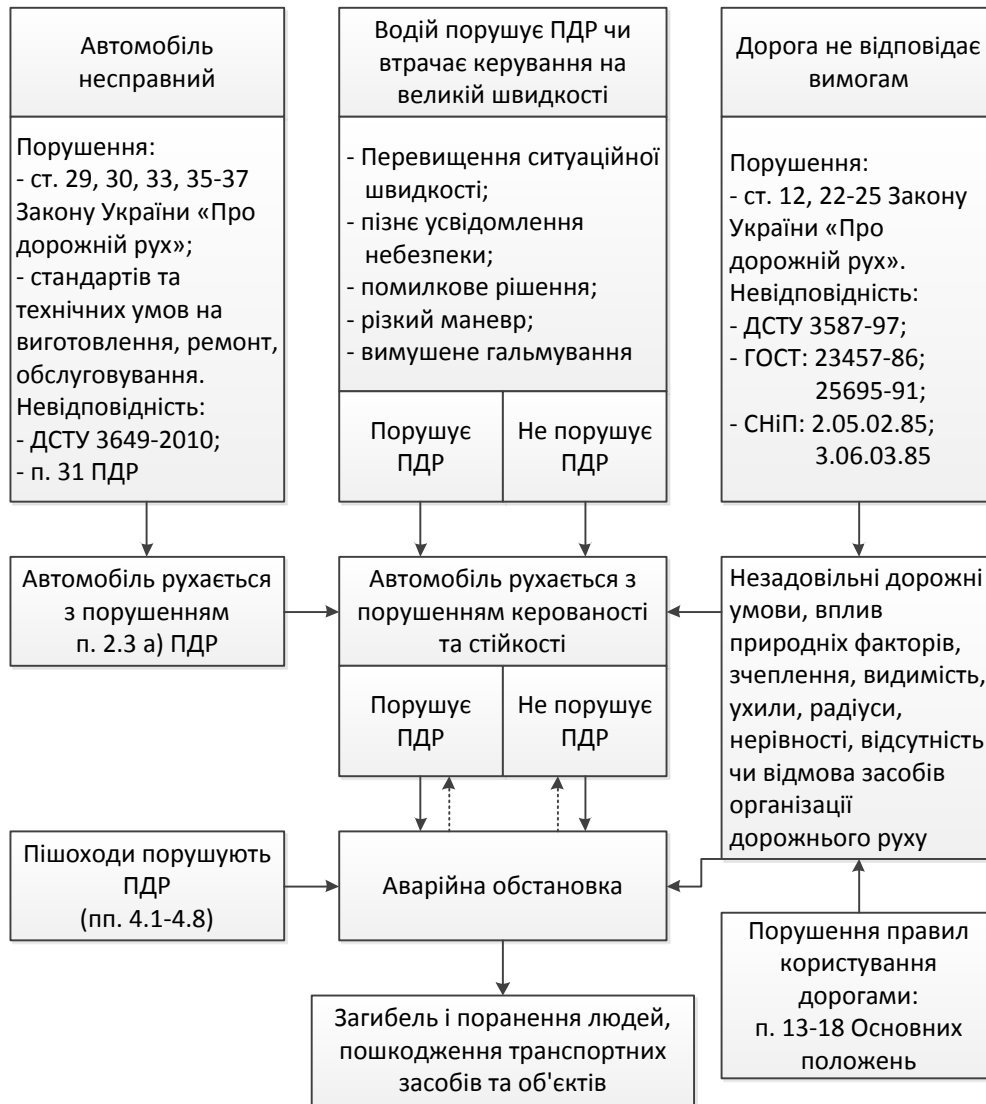


Рис. 1. Причинно-наслідкові зв'язки механізму ДТП

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасна судова автотехнічна експертиза є експертним дослідженням, що проводиться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану АТЗ, якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик її учасників та інших факторів [2-5].

Проведення автотехнічної експертизи, як правило, пов'язано з розрахунками, для яких експерт в якості вихідних даних використовує результати тих чи інших вимірів, наданих йому слідчим або судом, а також типові довідкові дані – параметри і коефіцієнти, числові значення яких вибираються експертом самостійно із спеціальної науково-технічної і довідкової літератури у відповідності з характером та умовами скоєння ДТП [2-6]. В перелік таких характеристик і параметрів входить коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, який характеризує можливості реалізації ефективного гальмування та безпечного маневрування АТЗ.

Для проведення автотехнічної експертизи експерту достатньо розрахувати ті чи інші параметри за відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля формулами. Проте отримати надійні і достовірні результати розрахунків можливо лише за умови підстановки в формули достовірних чисельних значень відповідних вихідних даних – результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Це має принципове значення, оскільки лише за умови достовірності вихідних даних можна говорити про обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів [2-10].

Метою даної роботи є розробка модульної технології синтезу інтегральної системи

©А.А.Кашканов, О.Г.Грисюк, А.О.Яровенко

автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод, яка надає засоби для автоматизації компонентного проектування системи любого рівня складності та якості зі стандартних модулів, забезпечує високу гнучкість системи при зміні умов її функціонування та підвищує ефективність експертного оцінювання механізму аварійних ситуацій.

Основні результати дослідження

Однією з сучасних тенденцій розвитку автотехнічної експертизи є застосування інноваційних технологій на всіх етапах дослідження ДТП [2, 3]. Це обумовлено вимогами ефективності виробництва та використання ресурсів при провадженні досліджень з розслідування аварійних ситуацій.

Комплексне використання спеціалізованих комп'ютерних програм для розрахунку механізму ДТП та автоматизованих систем виміру і доекспертного розрахунку вихідних даних (комплекси лазерного сканування місця ДТП; реєстратори даних про події, які дозволяють фіксувати параметри руху транспортних засобів (ТЗ) до та після ДТП; спеціальна цифрова апаратура) можна розглядати як набір модулів, зібраних із множин стандартних модулів. Кожний модуль, виконуючи свої функції, забезпечує досягнення загальної мети інтегральної системи. Завдяки модульності, інтегральна система забезпечує високу якість провадження експертизи:

- комплексність дослідження;
- високу гнучкість для адаптації до різних умов;
- економічність за рахунок скорочення витрат;
- ефективність через можливість автоматизації операцій однотипного характеру.

Очевидно, що зі зростанням інтеграції розширюються потенційні можливості системи, збільшується ступінь різноманіття і альтернативності. Це, в свою чергу, породжує проблеми, пов'язані з якістю функціонування системи, в тому числі, проблему формалізації процесу формування інтегральної системи експертизи ДТП та оцінки її якості.

На рисунку 2 представлена схема формування інтегральної системи експертизи ДТП. На основі аналізу запиту органів слідства чи суду та різних умов і обставин ДТП формується склад інтегральної системи та визначаються функції, які вона повинна виконувати. В якості мети системи автотехнічної експертизи ДТП можна прийняти такі показники, як забезпечення прав громадян на об'єктивне розслідування аварійних ситуацій, підвищення якості та зменшення фактора суб'єктивності при формуванні експертних висновків, мінімізація витрат ресурсів та часу необхідних для проведення експертиз і т.п.

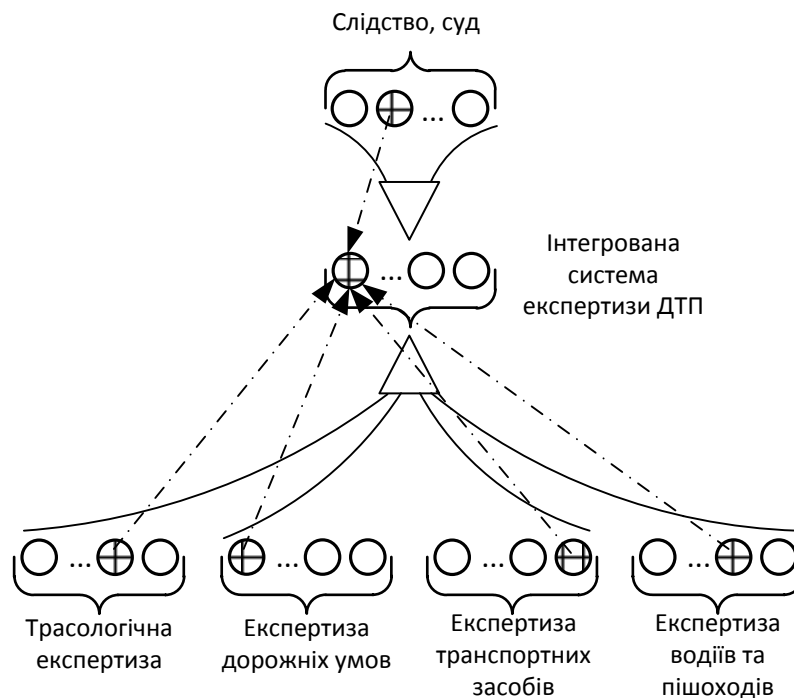


Рис. 2. Схема формування інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП

Таким чином, задачу формування інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП можна сформулювати як задачу підбору необхідних модулів із множини існуючих стандартних модулів для задоволення певних вимог в певній ситуації в конкретний час і досягнення поставленої мети.

Сутність модульного принципу полягає у можливості створення різноманітних складних систем різного функціонального призначення з деякої кількості первинних елементів-модулів. У відповідності до цього модуль – це самостійний елемент, що виконує певну функцію (функції), з визначеними вхідними і вихідними параметрами. Модулі можуть з'єднуватись, утворюючи складні системи, роз'єднуватись та замінятись з метою отримання систем з іншими компонентами і характеристиками при їх функціонуванні.

Модель інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП можна подати в такому математичному виді

$$DS = \{X, F, D, t\}, \quad (1)$$

де X – множина множин стандартних модулів

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\},$$

X_1 – множина стандартних модулів, здатних виконати завдання Y_1

$$X_1 = \{x_{i1} | x_{i1} \in X_1; i = 1, \dots, m_1\};$$

x_{i1} – стан модуля x_{i1} множини X_1 (змінюється у часі);

m_1 – кількість модулів в множині X_1 ;

X_2, \dots, X_n – відповідно множини стандартних модулів, здатних виконати завдання Y_2, \dots, Y_n ;

n – кількість множин стандартних модулів (кількість видів завдань);

F – цільова функція інтегральної системи;

D – множина вимог до системи

$$D = \{Y, Z\},$$

де Y – множина вимог щодо виконуваних завдань (вид, обсяг робіт, час, місце і т.п.)

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\};$$

Z – множина вимог щодо якості системи автотехнічної експертизи ДТП в цілому (своєчасність, надійність, гнучкість, ефективність і т.п.);

t – момент проектування інтегральної системи експертизи.

Рішення задачі (1) або набір обраних модулів

$$\begin{cases} X^* = \{x_{i1}^1, x_{i2}^2, \dots, x_{in}^n\} \\ F(X^*, t) \rightarrow \max, \\ D(X^*, t) \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

На рисунку 3 представлена узагальнена схема рішення задачі (2).

Модульна технологія проектування надає засоби для автоматизації компонентного формування інтегральної системи автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод любого рівня складності та якості зі стандартних модулів за аналогією зі складанням комп'ютерів, автомобілів чи програмних комплексів із готових блоків, що називаються комплектуючими виробами. Процес збирання інформації про модулі та їх стандартизація доволі складний і трудомісткий. Проте в подальшому це забезпечує можливість швидко створювати нову інтегральну систему автотехнічної експертизи ДТП чи модифікувати її у відповідності до зміни умов та вимог при розслідуванні обставин певної аварійної ситуації.

Процес формування інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП складається з таких етапів:

- збирання інформації, побудова бази даних про модулі;
- класифікація модулів за призначенням, оцінка їх діяльності;
- аналіз потреб у дослідженнях при розслідуванні обставин аварійних ситуацій;
- визначення вимог до системи автотехнічної експертизи ДТП;
- визначення цілей і задач проектованої інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП;
- визначення необхідних типів модулів, що входять в структуру системи автотехнічної експертизи;
- складання модулів, формування різних варіантів структури інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП;

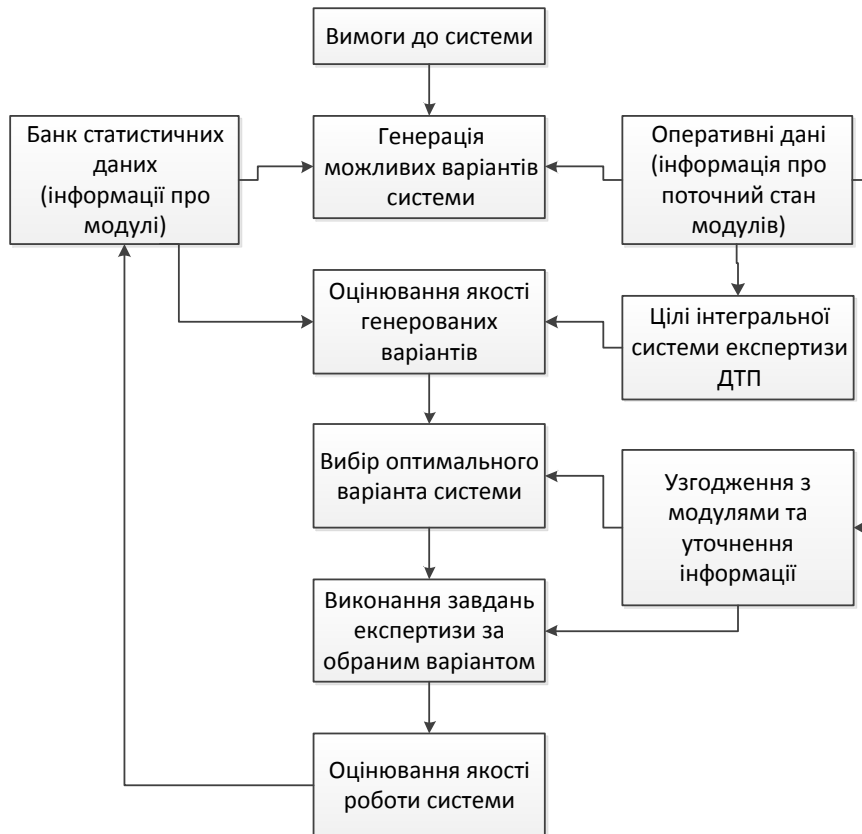


Рис. 3. Узагальнена схема рішення задачі вибору структури інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП

- оцінювання запропонованих варіантів інтегральної системи автотехнічної експертизи ДТП;
- вибір оптимального варіанту;
- узгодження діяльності між обраними модулями та корегування.

Висновки

Підвищення ефективності експертного оцінювання механізму аварійних ситуацій неможливе без забезпечення якості автотехнічної експертизи ДТП, під яким слід розуміти заходи, спрямовані на досягнення заданого рівня якості. Незалежно від характеру забезпечення якості, обов'язковою є реалізація таких моментів:

- визначення проблем і пріоритетів автотехнічної експертизи;
- формування специфічних для області аналізу проблем критеріїв якості (встановлення стандартів) та визначення цілей;
- ретроспективний та поточний аналіз ситуації, документів та збір інформації;
- аналіз встановлених проблем і підготовка рекомендацій для прийняття рішень;
- впровадження рекомендацій на практиці;
- оцінювання досягнутих результатів.

Слід підкреслити, що реалізація перерахованих моментів в процесі роботи і досліджень потребує організації відповідних програм забезпечення якості, невід'ємною частиною яких є запропонована методика. Ці програми дозволяють гарантувати певний рівень якості автотехнічної експертизи, систематичну його оцінку за узгодженими і заздалегідь встановленим стандартам. Отже, розробка модульної технології синтезу інтегральної системи автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод, надає засоби для автоматизації компонентного проектування системи любого рівня складності та якості зі стандартних модулів, забезпечує високу гнучкість системи при зміні умов її функціонування та підвищує ефективність експертного оцінювання механізму аварійних ситуацій.

1. Аварійність на автошляхах України - Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем : офіційний web-сайт Департаменту ДАІ МВС України [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp_2013.pdf.
2. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 320 с. – ISBN 978-966-303-470-6.
3. Волков В.П. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: Монография / В.П. Волков, В.Н. Торлин, В.М. Мищенко, А.А. Кашканов, В.А. Кашканов, В.П. Кужель, В.А. Ксенофонтова, А.А. Ветрогон, Н.В. Скляр. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.
4. Сумець О. М. Основи експертизи дорожньо-транспортних пригод: автотехнічна експертиза : Навчальний посібник / О. М. Сумець, В. Ф. Голодий. – К.: Хай-Тек Прес, 2008. – 160 с. – ISBN 978-966-2143-18-8.
5. Суворов Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: Учеб. пособие / Ю. Б. Суворов. – М. : Экзамен, 2003. – 208 с. – ISBN 5-94692-404-4.
6. Тартаковский Д. Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с. – ISBN 5-94201-409-4.
7. Кашканов А.А., Грисюк О.Г. Критерії оцінювання якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 134.– С. 117-121.
8. Кашканов А.А. Методика багатокритеріального оцінювання якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод // Вісник Житомирського державного технічного університету. – Житомир, 2012. – № 3(62) – С.68–73.
9. Кашканов А. А. Мінімізація суб'єктивності експертного оцінювання в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод // Вісник НТУ «ХП», 2013. – № 29 (1002). – С. 120–125.
10. Кашканов А.А. Грисюк О.Г., Грисюк О.О. Обґрунтування вибору оптимальної альтернативи в умовах композиційної невизначеності при розв'язку задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ, 2013. – №15 (204), Частина 2. – С. 204-207.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2014

УДК 629.113

А.М.Кашуба

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

В роботі наведено результати теоретичного розрахунку руху автомобіля малого класу з гібридною силовою установкою по випробувальному їздовому циклу. В основу розрахунків покладено рівняння теорії руху автомобіля. Проведено розрахунок часу роботи акумуляторної батареї по циклу. Пропонуються рекомендації по вибору режиму руху.

Ключові слова. ГСУ, випробувальний цикл, затрати, потужність, акумуляторна батарея, час роботи батареї
Рис 7. Табл 1. Форм 7. Літ 6.

А.М.Кашуба

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

В работе приведены результаты теоретического расчета движения автомобиля малого класса с гибридной силовой установкой по испытательному ездовому циклу. В основу расчетов положены уравнения теории движения автомобиля. Проведен расчет времени работы акумуляторной батареи. Предлагаются рекомендации по выбору режима движения.

Ключевые слова: ГСУ, испытательный цикл, затраты, мощность, акумуляторная батарея, время работы батареи

A. Kashuba

INVESTIGATION OF THE MOTION CAR WITH HYBRID POWER PLANT

This paper presents the results of theoretical calculation of motion of small class car with a hybrid power plant in test driving cycle. The basis of calculation laid equation theory driving. Was conducted the calculation operating time battery. Proposed recommendations on the choice of mode of motion.

Keywords: HPS, test cycle, cost, power, battery, operating time battery

Постановка проблеми. Одним з найбільш ефективних способів визначення технічного стану автомобіля і всіх його складових частин є дослідження, пов'язані з експериментальними випробуваннями. Проте, проведенню даних досліджень передують менш трудомісткі методи дослідження, а саме теоретичні методи дослідження з використанням математичних моделей, що описують рух транспортних засобів на різних режимах руху.

Для того, щоб провести дослідження даного роду необхідно провести імітацію руху в міському або заміському циклі з використанням випробувального їздового циклу.

На даний час існує декілька варіантів випробувальних їздових циклів, за допомогою яких можна оцінити величини необхідних параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для проведення досліджень можна користуватись:

Американським їздовим циклом - це складний для виконання їздовий цикл (рисунок1). Довжина шляху в якому становить 17,8 км., час на виконання 1877 с., максимальна швидкість 91,2 км/год., середня швидкість 34,1 км./год.;[1]

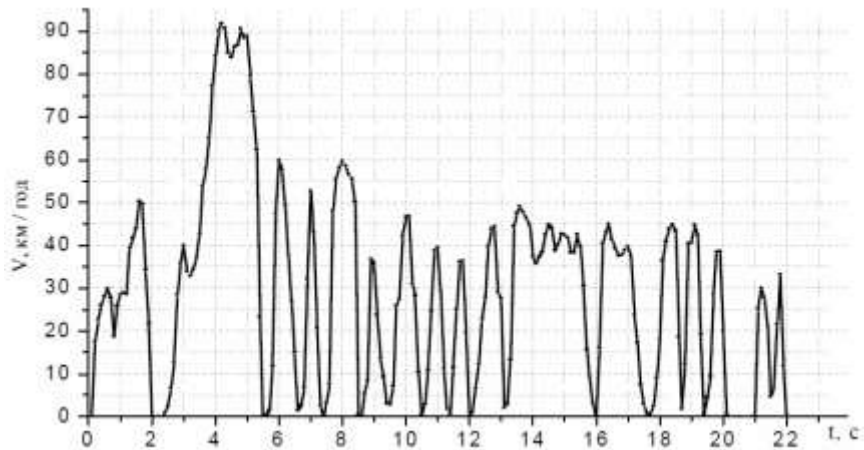


Рис. 1. Міський федеральний випробувальний цикл США

Японським 11-ти режимним (рисунок 2), для холодних випробувань, та 10-15 режимним (Рисунок 3) для гарячих випробувань.

При 11-режимному циклу випробування проводиться без попереднього прогріву двигуна. Кожна фаза циклу триває 120 с., дистанція 1021 м., середня швидкість 30,6км./год.[1]

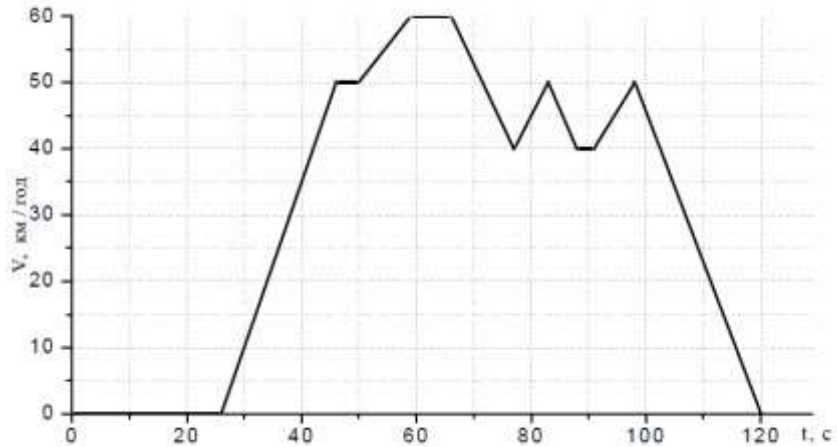


Рис. 2.. Одинадцятирежимний їздовий цикл (Японія)

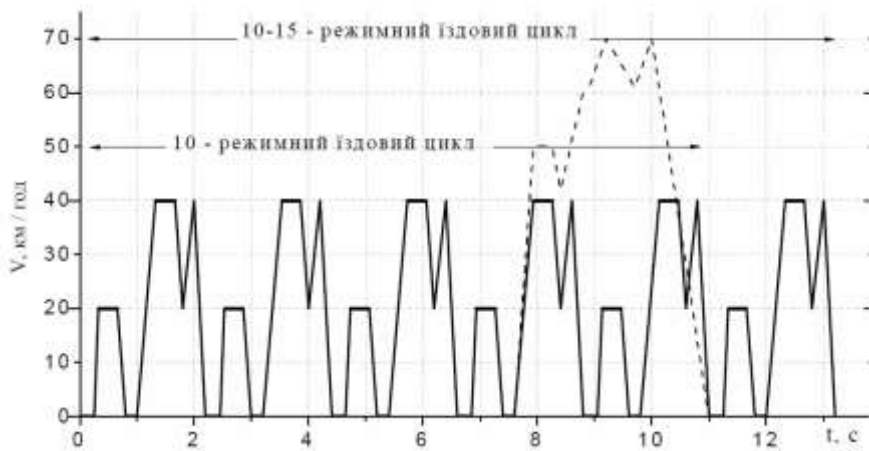


Рис. 3. 10-15 режимний їздовий цикл (Японія)

При даному циклі випробування проводиться з попереднім прогрівом двигуна, довжина циклу 4,16 км., час на виконання 660 с., максимальна швидкість 70 км./год., середня швидкість 22,7 км/год.[1]

Європейський міський випробувальний цикл (Рисунок 4)(ГОСТ 20306-90). Довжина даного циклу складає 4,052 км., тривалість 780 с., максимальна швидкість 50 км/год.[2]



Рис. 4. Європейський міський випробувальний цикл

Російський випробувальний цикл (Рисунок 5) для випробування автомобілів з електричною тягою (ГОСТ Р ЕН 1986-1-2011) [3]

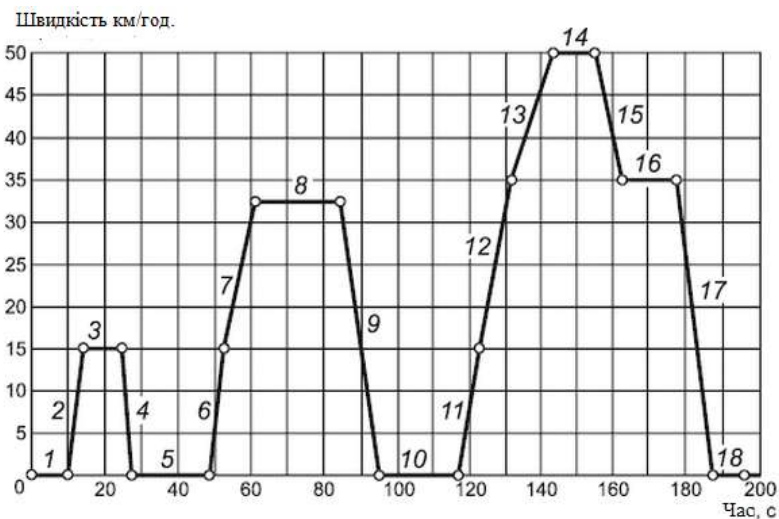


Рис. 5. Російський випробувальний цикл для автомобілів з електричною тягою

Цикл складається з чотирьох елементарних міських циклів тривалістю 195 с. кожен, загальна тривалість 780 с. Максимальна швидкість 50 км./год.

Метою даної роботи є проведення теоретичних досліджень по визначенні затрат потужності, на подолання сумарного опору руху на різних режимах при випробуванні автомобілів з гібридною силовою установкою та визначення часу роботи акумуляторної батареї на ділянках випробувального циклу в залежності від затрачених потужностей.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вибрати випробувальний їздовий цикл для проведення дослідження;
- розрахувати затрати на подолання опорів руху та величини тривалості роботи батарей у відповідності до програми випробувань вибраного їздового циклу;
- за результатами досліджень побудувати графічні залежності.

Основні результати дослідження. Оскільки автомобілі з гібридною силовою установкою є дещо специфічним видом транспорту, потенціал якого ще повною мірою не розкрито, тому для найбільш ефективної оцінки його параметрів будемо користуватись відповідним їздовим випробувальним циклом для випробування автомобілів з електричною тягою (Рисунок 5).[3]

Таблиця 1.

Програма випробування за циклом ГОСТ Р ЕН 1986-1-2011

№ Операції	Тип операції	№ режиму руху	Прискорення м/с ²	Швидкість Км/год.	Тривалість операції, с	Тривалість режиму руху, с.	Загальна тривалість, с.
1	зупинка	1	0,00	0	11	11	11
2	прискорення	2	1,04	0-15	4	4	15
3	усталений рух	3	0,00	15	8	8	23
4	сповільнення	4	-0,83	15-0	5	5	28
5	зупинка	5	0,00	0	21	21	49
6	прискорення	6	0,69	0-15	6	12	55
7	прискорення		0,79	15-32	6		61
8	усталений рух	7	0,00	32	24	24	85
9	сповільнення	8	-0,81	32-0	11	11	96
10	зупинка	9	0,00	0	21	21	117
11	прискорення	10	0,69	0-15	6	26	123
12	прискорення		0,51	15-35	11		134
13	прискорення		0,46	35-50	9		143
14	усталений рух	11	0,00	50	12	12	155
15	сповільнення	12	-0,52	50-35	8	8	163
16	усталений рух	13	0,00	35	15	15	178
17	сповільнення	14	-0,97	35-0	10	10	188
18	зупинка	15	0,00	0	7	7	195

У відповідності до даної програми випробування, врахувавши величини прискорень та швидкостей, визначимо сумарні опори руху на різних ділянках випробувального циклу.

Розглядаючи дану програму випробувань можна прийти до висновку, що на різних ділянках потрібно затратити різну потужність для забезпечення руху, так ділянки 3, 8, 14 і 16 характеризуються рівномірним рухом зі сталою швидкістю, тому на цих ділянках, при обрахунках, не буде враховано силу опору розгону. Натомість ділянки 2, 6, 7, 11,12, 13 характеризуються прискореним рухом причому ділянки 6 і 11 будуть описуватись при рівних умовах.

На ділянках циклу 4, 9, 15, 17 не буде затратитися енергія від силової установки, так як ці ділянки характеризуються сповільненням, а тому, при використанні системи рекуперації, їх можна вважати корисними, тому що під час їх здійснення можна повернути частину енергії в акумуляторні батареї.

Розрахунки по визначенні сил на подолання опорів руху будемо виконувати згідно рівнянь класичної теорії руху автомобіля. [4]

При русі по даному випробувальному циклу на автомобіль діють наступні сили:

Сили сумарного опору дорівнюють:

$$P_{\psi} = P_f + P_h, \quad (1)$$

де $P_f = f + G_a$ – опір кочення, (2)

$$P_h = G_a \cdot \sin \alpha - \text{опір підйому}, \quad (3)$$

G_a – вага автомобіля, Н.

f – коефіцієнт опору кочення,

α – кут нахилу дороги, для міського їздового циклу приймається $\alpha = 0$.

Сила опору повітря дорівнює:

$$P_w = k \cdot F \cdot V_a^2, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт опору повітря,
 F – площа лобового опору автомобіля, (м²)
 V_a – швидкість руху автомобіля, (м/с)
 Сила опору розгону дорівнює:

$$P_j = \frac{G_a}{g} \cdot j \cdot \delta_{об}, \quad (5)$$

де j – прискорення автомобіля, (м/с²)

$\delta_{об}$ – коефіцієнт врахування обертових мас. Приймається для легкових автомобілів $\delta_{об} = 1.35$.

Розрахунки будемо проводити для автомобіля малого класу Geely СК.

За результатами розрахунків побудуємо графічну залежність величини сил опору по циклу

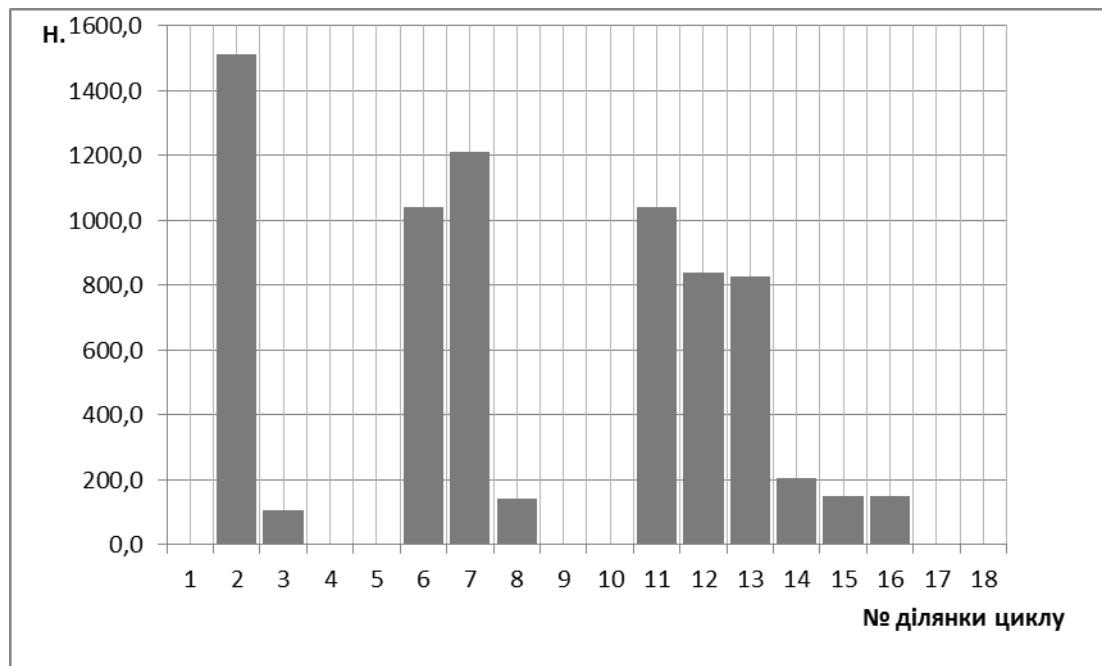


Рис. 6. Сумарні сили опору по їздовому циклу

Виходячи з графіка (рисунок 6.) визначимо час роботи акумуляторної батареї в залежності від потужності, необхідної для подолання сумарного опору руху, врахувавши результати попередніх досліджень, щодо оптимальної ємності LiFePO₄ акумуляторних батарей, яка для даного транспортного засобу становить $c=90$ Агод при $U=48$ В. Робота, виконана даною акумуляторною батареєю буде становити 15.17 МДж., і величина міжзарядного пробігу становить 30 км. [5]

виходячи з умови:

$$N \geq N_{\Sigma \text{опору}} \quad (6)$$

Величина тривалості роботи акумуляторних батарей буде описуватись наступним рівнянням: [6]

$$T = \int_0^{T_y} \frac{1}{N(t)} \cdot W'(t) dt, \quad t \in [0, T_y], \quad (7)$$

де N – потужність, необхідна для руху,

$W'(t)$ – енергія, яку віддає акумуляторна батарея.

Продиференціювавши дане рівняння, отримаємо наступну графічну залежність: (рисунок 7.)

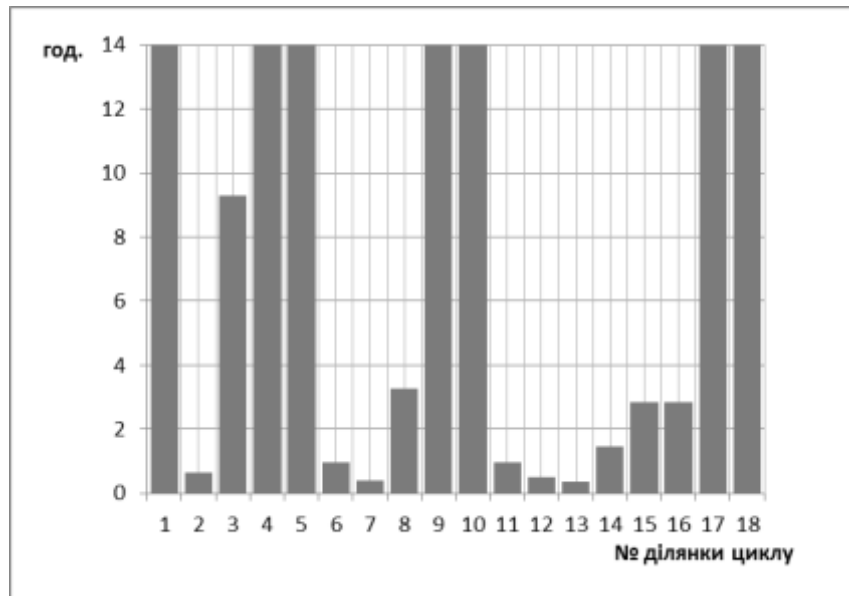


Рис. 7. Теоретичний час розряду тягової батареї по ділянках циклу

З графіка (Рисунок 7.) видно, що величина міжзарядного пробігу, транспортних засобів з гібридною силовою установкою, при експлуатації з рівномірною швидкістю на електричній тязі може бути на, порядку, 150% більша ніж при експлуатації на всьому діапазоні міського циклу, тобто з врахуванням розгонів з певним, встановленим прискоренням. Тому, як видно з теоретичних досліджень, при експлуатації транспортних засобів з використанням електричної тяги необхідно забезпечувати рух з прискоренням не більше $0,7 \text{ м/с}^2$ при досягненні швидкості 35 км/год. і $0,35 \text{ м/с}^2$ при 50 км/год. для збільшення міжзарядного пробігу.

Уточнення, щодо вибору силової установки на ділянках режиму, необхідно, в подальшому, проводити за рахунок проведення експериментальних досліджень.

Висновки:

В результаті проведених досліджень було:

- проаналізовано існуючі випробувальні їздові цикли;
- вибрано оптимальний випробувальний міський їздовий цикл для випробування легкових автомобілів з електричною тягою;
- розраховано сумарні опори руху на всіх ділянках випробувального їздового циклу;
- визначено теоретичну тривалість роботи LiFePO_4 акумуляторних батарей по ділянках їздового циклу, в залежності від величини затраченої на подолання опору руху потужності.
- визначено, що для забезпечення теоретично розрахованого в попередніх роботах міжзарядного пробігу доцільно забезпечувати рух з прискоренням не більшим $0,7 \text{ м/с}^2$ при русі з швидкістю до 35 км/год. та $0,35 \text{ м/с}^2$ при швидкості 50 км/год.

1. Грицук І.В., Кривопусков А.В., Гриценко Д.О. До питань вибору і обґрунтування типу випробувального їздового циклу для дослідження показників токсичності відпрацьованих газів двигунів дорожніх транспортних засобів// Збірник наукових праць Дон ІЗТ.- Донецьк, 2009.- №17.-с.107-119
2. ГОСТ-20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний
3. ГОСТ- Р ЕН 1986-1-2011 Автомобили с электрической тягой. Измерение энергетических характеристик. Часть 1. Электромобили
4. Туревский И.С. Теория автомобиля: Учебное пособие/И.С. Туревский.- М.:Высшая школа, 2005.-240с.
5. О.П.Сітовський, А.М.Кашуба, Визначення розподілу питомі пробігів приватних автомобілів для оптимізації ємності батарей гібридних транспортних засобів// Вісник НТУ «ХП» Збірник наукових праць. Серія «Автомобіле- та тракторобудування»,- Харків: НТУ «ХП»,-2014- №9 (1051), стор.33-36.
6. Аносов В. Н. Методы и средства повышения эффективности систем тягового электропривода автономных транспортных средств// Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук,- Новосибирск, 2008.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2014

УДК 624.012.45+624.2/.8

В.Г.Кваша, В.К.Шиндер, В.В.Волоцюга, Ю.В.Шиндер
НУ "Львівська політехніка"

СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНИЙ АНАЛІЗ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПРОСТОРОВОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТНО-РЕБРИСТОЇ МОСТОВОЇ СИСТЕМИ

Розглянуто питання оцінки несучої здатності при розрахунку методом кінцевих елементів. Виконано моделювання і розрахунок при трьох схемах навантаження просторової роботи залізобетонної плитно-ребристої мостової системи за типовим проектом у програмному комплексі Femap with NX Nastran.

Ключові слова: метод кінцевих елементів, несуча здатність, залізобетон, міст, Femap NX Nastran.

Табл. 1. Рис. 5. Літ. 20.

В.Г.Кваша, В.К.Шиндер, В.В.Волоцюга, Ю.В.Шиндер

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТНО-РЕБРИСТОЙ МОСТОВОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрен вопрос оценки несущей способности при расчете методом конечных элементов. Выполнено моделирование и расчет для трех схем нагрузки пространственной работы железобетонной плитно-ребристой мостовой системы за типовым проектом в программном комплексе Femap with NX Nastran.

Ключевые слова: метод конечных элементов, несущая способность, железобетон, мост, Femap NX Nastran.

V.Kvasha, V.Shynder, V.Volotsiuga, Yu.Shynder

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF CARRYING CAPACITY OF SPATIAL REINFORCED CONCRETE PLATE-RIBBED BRIDGE SYSTEMS

According to "DerzhdorNDI" and "Ukrautodor" today in Ukraine exploited more than 16000 highway bridges with total length more than 300 kilometers and more than 7000 railway bridges. In the Concept of the State economic development program of public roads in the years 2013-2018 (adopted by the Cabinet Ministers of Ukraine dated September 3, 2012), marked problem connected with dangerous condition of bridges. Most of these bridges (about 65 percent) were built before 1970 according to current standards at that time. Today, more than 9000 bridges do not meet the technical parameters of the requirements of modern standards and actual load.

This article describes the role of the finite element method (FEM) in the study of spatial reinforced concrete plate-ribbed bridge systems. In this article has been suggested the use of the software package Femap-Nastran NX for calculations and analysis of reinforced concrete bridges using the finite elements method. The use of such package of the finite element analysis has several advantages, among which is ability to create models which are at the most close to the real conditions. Herein has also been performed the spatial static elastic calculation of reinforced concrete plate-ribbed bridge system from on a standard project in Femap-Nastran NX. Finite element model of the plate-ribbed bridge system with the boundary conditions and the conditions of the analysis prepared in environment of Femap, the calculation was performed in NX Nastran, and then results have been documented among Femap. Deflections obtained in the experiment and numerical simulations are presented in the form of diagrams. Of the presented diagram shows that the distribution of deflections in the numerical simulation is similar to experimental and is not linear.

Keywords: Finite Element Method, carrying capacity, reinforced concrete, bridges, Femap, NX Nastran.

Вступ. Постановка проблеми. У Концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013-2018 роки (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2012 р. №719-р, витяг з протоколу №67 засідання Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2012 року) відзначається гостра проблема, пов'язана із станом мостів та шляхопроводів, що є невід'ємною складовою мережі автомобільних доріг, більшість з яких (близько 65%) побудовано до 1970 року за діючими на той час нормативами. На сьогодні понад 9500 мостів та шляхопроводів не відповідають за технічними параметрами вимогам сучасних норм і фактичному навантаженню. За даними «ДерждорНДІ» та «Укравтодор» на сьогодні в Україні експлуатується більше 16 тисяч автодорожніх мостів загальною довжиною більше 380 км та більше 7,5 тисяч залізничних мостів. Навантаження та інтенсивність руху транспортних засобів постійно зростає. В аналогічних умовах знаходяться численні залізобетонні конструкції естакад різного призначення, що експлуатуються вже тривалий час на технологічних маршрутах різних підприємств. Тому, необхідно об'єктивно оцінювати їх несучу здатність, прогнозувати подальший розвиток таких пошкоджень і напружено-деформований стан.

Залізобетонні плитно-ребристі мостові системи є одними з таких, які найчастіше застосовуються у мостобудуванні, складаючи більшість серед тих, які експлуатуються і тих, які будуються. Залізобетонні мости складають орієнтовно 93% загальної кількості автодорожніх мостів. В умовах експлуатації тимчасове навантаження може займати різне розрахункове розташування на спорудах, у зв'язку з цим, просторові розрахунки залізобетонних плитно-ребристих систем є затребуваними і розвинутими в області проектування і дослідження мостових споруд і інших промислових та цивільних конструкцій. Такі розрахунки базуються на числових методах будівельної механіки і теорії пружності. Останнім часом все ширшого застосування знаходить для подібних розрахунків і метод кінцевих елементів (МКЕ), особливо у поєднанні з сучасними обчислювальними комплексами. На даному етапі, МКЕ активно використовується для розрахунку мостових конструкцій, та все ж, розрахунок конструкцій із залізобетону досі викликає складності. Насамперед це пов'язано з врахуванням фізичних особливостей залізобетону, як складного композитного матеріалу, адже бетон має різні міцнісні характеристики при розтягу та стиску, в процесі експлуатації в ньому виникають тріщини (що викликає перерозподіл зусиль), окремої уваги потребує спільна робота арматури з бетоном тощо.

Аналіз досліджень і публікацій. Залізобетон, як один з найбільш поширених будівельних матеріалів, являє собою композиційний матеріал, що складається з в'язучих і наповнювачів, одним з яких є арматура. Коефіцієнт варіації міцності заводського бетону може коливатися в межах 0.047...0.120 з моменту виготовлення, до 0.082...0.22 в процесі експлуатації [15], при тому, що міцнісні і деформаційні характеристики арматури в процесі експлуатації довгий час залишаються достатньо стабільними. Головною причиною змінності характеристик бетону є особливість його структури. Мінливість розподілу міцності і деформативності бетону у різних напрямках простору дає підстави відносити його до матеріалів з природньою анізотропією [8].

Побудова теоретичної моделі залізобетону складна і тим, що окрім анізотропії бетон – пружно-пластичний матеріал, що характеризується нелінійною залежністю між напруженнями і деформаціями, а також різною механічною поведінкою при стиску і розтягу. Перші систематичні дослідження фізичної не лінійності залізобетону описані в працях А.Ф.Лолейта [9] і В.І.Мурашова [10] при розробці методики розрахунку залізобетонних згинальних елементів по міцності і жорсткості. Історично так склалося, що відсутність достатньої кількості експериментальних даних про характер взаємодії «напруження – деформації» для різних видів бетону і режимів навантаження призвело до використання так чи інакше ідеалізованого виду закону деформування бетону і спроб сформувати еталонні чи узагальнені діаграми, наприклад [7] і ін.

Іншою особливістю залізобетону є так званий ефект проковзування арматури, який широко вивчався і досі досліджується. З приростом розтягуючих зусиль в залізобетонному елементі в околі арматури утворюються і розвиваються внутрішні тріщини, через що частина площі бетону (в поперечному перерізі) виключається з роботи і викликає ріст напружень в арматурі до моменту виходу тріщин на поверхню.

Аналіз експериментальних досліджень натурних конструкцій прольотних будов після десятків років їх активної експлуатації показує, що реальний просторовий розподіл зусиль між балками в пружно-пластичній стадії роботи є іншим ніж у пружній стадії. Іноді виявляється “прихований” резерв несучої здатності конструкцій прольотних будов за рахунок певних особливостей [3] і ін. Будь-який залізобетонний елемент, це складна композитна конструкція, в якій при її експлуатації відбувається багато різних по механізму і природі процесів. Все це робить залізобетонні мости складним фізичним об'єктом для математичного опису, особливо при просторовому розрахунку [4].

Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. в сімдесятих роках розробили деформаційну теорію пластичності бетону і залізобетону [6], де припускається, що розміри тіла великі у порівнянні з арматурними стержнями, тим самим нехтуючи місцевим напруженням контакту арматури з бетоном, і що арматура сприймає лише нормальні напруження. Умовою спільної роботи двох середовищ є рівність їх деформацій. Компоненти тензора напружень сумуються із напружень в бетоні і напружень в арматурі, а тріщини утворюються вздовж площадок, на яких головні розтягуючі зусилля перебільшують границю міцності бетону на розтяг. Серед інших, вказана теорія застосовується при комп'ютерному моделюванні спільної роботи арматури з бетоном в наші дні, якщо це не впливає суттєво на очікуваний результат. Досліди Крилова С.М., Карпенко Н.І. і інших показали, що така модель (як і деякі інші) відповідає дійсності лише в тих випадках, коли тріщини проходять перпендикулярно до напрямку осі арматури. В областях з похилими

тріщинами до осі арматури, вона призводить до суттєвого зниження напружень в арматурі у зв'язку з не врахуванням багатьох факторів.

Метод кінцевих елементів та його роль. Порівняно донедавна, вихідні моделі матеріалу не могли бути реалізованими, оскільки потребували вирішення громіздких систем диференціальних рівнянь, а в загальному вигляді ці рівняння, як правило, не мали рішення. З цієї причини, основна частина просторових залізобетонних конструкцій розраховувалася методами лінійної теорії пружності з використанням наближених аналітичних розв'язків.

В останні десятиліття, з появою сучасних високопродуктивних обчислювальних комплексів і потужної комп'ютерної техніки, стало можливим вирішення задач з складними розрахунковими моделями числовими методами. Тут актуальним є питання вибору ефективного і раціонального методу розрахунку. Історично так склалося, що основним методом розрахунку залізобетонних прогонових споруд з врахуванням реальних властивостей матеріалів був метод кінцевих різниць. Але з часом ширшого застосування набув метод кінцевих елементів (МКЕ), який на сьогодні є основним методом розрахунку складних конструкцій.

До переваг МКЕ відносять:

- Можливість звести задачу до системи алгебраїчних рівнянь, без попереднього формулювання їх диференціальних аналогів;

- Процедури МКЕ стандартні і не залежать від розмірності і типу використовуваних кінцевих елементів, що дозволяє створювати програмні комплекси (ПК) для розрахунку конструкцій широкого застосування;

- Дозволяє використовувати елементи різних форм і розмірів для отримання сіткових розбивок будь-яких нерегулярних областей, навантаження і граничні умови можуть мати довільний характер.

- У поєднанні з сучасними обчислювальними комплексами допускає використання моделей матеріалів будь-якої складності;

- При застосуванні МКЕ до розрахунку залізобетонних конструкцій, він відіграє роль не лише чисельного методу аналізу, але й служить інструментом моделювання.

Суттєвим недоліком МКЕ є те, що апроксимація шуканих функцій являється середньо-інтегральною. Це призводить до втрати точності на границі конструкції.

Вперше кінцево-елементний аналіз залізобетонної конструкції був виконаний авторами Ngo D., Scordelis A.C. [18]. Бетон моделювався трикутними кінцевими елементами з лінійно пружного ізотропного матеріалу. Арматура представлялася стержневими кінцевими елементами. У спільних вузлах стержневі і плоскі елементи деформувалися однаково. Nilsen A.B. [19] використовував додаткові зв'язкові кінцеві елементи між бетоном і арматурою, що імітували сили зчеплення.

Теорія і питання практичної реалізації МКЕ відображені в працях вчених, серед яких В.Г. Баженов, А.І. Лантух-Лященко, М.В. Белый, А.М. Белостоцкий, Д.Б. Бирюков, А.С. Городецький, А.Б. Золотов, В.Е. Левин, А.В. Перельмутер, В.И. Прокопьев, А.С. Сахаров, В.А. Семенов, В.И. Сливкер, Н.Н. Шапошников, К. Бате, Е. Вилсон, J.H. Argyris, R.D. Cook, M.A. Crisfield та багато інших.

В багатьох подальших дослідженнях застосовувалися однотипні кінцеві елементи, що склалися з комплексного, нелінійного анізотропного матеріалу – залізобетону. Основні залежності для елементів отримувалися на основі механіки композитних матеріалів, а питання про спільну роботу бетону і арматури на стадіях до і після утворення тріщин вирішувався при формуванні матриць пружності або жорсткості залізобетонних елементів. Серед інших, моделюванню роботи арматури з бетоном на основі МКЕ присвячені праці Н.И.Карпенко [7]. Проте, існуючі моделі деформування залізобетону справедливі, як правило, для простого пропорційного навантаження. Питання тріщиноутворення, розвантаження, закриття тріщин і інші потребують додаткових досліджень.

Таким чином, сьогодні МКЕ є універсальним засобом аналізу конструкцій, який зайняв ведучу позицію, поступово витіснивши інші чисельні методи. Пакети програм, що реалізують цей метод відіграють найважливішу роль серед багаточисельних САД/САМ/САЕ програм. До найбільш поширених, таких пакетів відносяться Ansys, Nastran, Marc, Fem Models, Impact, ScadSoft, CosmosWorks, Scad, Samcef, Zebulon, Lira, Диана, Рипак, Abaqus, Comsol Multiphysics, Robot та багато інших.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Крім наведених, свого роду універсальних, програм, на сьогодні є окремі спеціалізовані програми, які дають змогу провести окремі види розрахунків прогонових споруд з врахуванням деяких дефектів. Їх позитивною стороною є швидкість розрахунку типових прогонових будов з нормальним розташуванням балок. Але такі програми не дозволяють виконувати просторові розрахунки прогонових споруд, які складаються з балок з різними або з змінними по довжині розмірами поперечних перерізів. Тому, застосування універсальних ПК які реалізують МКЕ для розрахунку залізобетонних просторових плитно-ребристих мостових систем є актуальним.

Метою даної роботи є аналіз несучої здатності просторової залізобетонної плитно-ребристої мостової системи, змодельованої та порахованої методом кінцевих елементів за допомогою універсального сучасного програмного комплексу.

Виклад основного матеріалу. Для реалізації поставленої задачі було вибрано сучасний програмний комплекс Femap з вбудованим вирішувачем NX Nastran. Femap має всі інструменти, які необхідні для підготовки до проведення повного циклу обчислень в іншій частині ПК – NX Nastran, а також для проведення операцій імпорту (експорту) як геометричних моделей, так і всього проекту в цілому з інших програм (або в інші програми) аналогічного призначення (Abaqus, Algor, Ansys, Caefem, Genesis, Ls-Dyna3D, MARC, Patran, Cosmos та інші) [11]. Femap (від Finite Element Modeling And Postprocessing) є середовищем для підготовки кінцево-елементних моделей конструкцій і відповідних крайових задач для подальшого їх розрахунку (Finite Element Modeling, пре-процесор), а також для перегляду і документування результатів розрахунку (Post-processing, пост-процесор).

З допомогою Femap можна підготувати для NX Nastran, серед інших, крайові задачі лінійного або нелінійного статичного пружного стану, статичного пластичного стану, повзучості, контактної аналізу, оптимізації конструкцій і інші. Конструкція (чи середовище) може бути апроксимована різними кінцевими елементами: одно-, дво- і трьохвимірних з різними властивостями, з різних матеріалів, характеристики яких можуть залежати від температури, швидкості деформування тощо.

Femap with NX Nastran набуває стрімкого поширення в інженерній практиці завдяки простоті і універсальності, можливості роботи на персональних комп'ютерах. Але, на сьогодні описаних прикладів моделювання та розрахунку залізобетонних конструкцій в Femap with NX Nastran є обмаль, серед них [1,2,14,16,20].

Для скінченно-елементного аналізу просторової залізобетонної плитно-ребристої мостової системи, розглянемо прогонову будову моста за типовим проектом споруд на автомобільних дорогах випуску 56д (вип. 56д – доповнення 1962р.) [13]. Прикладом такої будови, яка на даний момент знаходиться в експлуатації є існуючий залізобетонний міст через ущелину на км 51+005 автомобільної дороги державного значення Татарів – Кам'янець-Подільський, збудований орієнтовно в 1965-66 роках за балковою, розрізною, трьох прольотною схемою з габаритом Г-7+2×0,75м, загальною довжиною 48,4м [5].

В поперечному перерізі прольотна будова складена з п'яти монолітних бездіафрагмових балок, об'єднаних поперек прольоту в просторову систему монолітною залізобетонною плитою мостового полотна з крайніми консольними ділянками, на яких розташовані рамні тротуарні блоки підвищеного типу за ТП вип.56д. Крок балок поперек прольоту 1,7м, що є близьким до проектного 1,66м. Ребра балок армовані двома зварними каркасами з поздовжньою робочою арматурою періодичного профілю Ø32мм класу А-III з багаторядовим розміщенням по висоті. Поперечне армування відігнутими стержнями і хомутами з арматури Ø8мм класу А-I. Проектна марка бетону М300 (В22,5).

Вказаний міст віднесений до категорії об'єктів експериментальної реконструкції. Проводилося детальне експериментальне дослідження особливостей його роботи до і після реконструкції. Випробовували прольотну будову статичним навантаженням крайнього прольоту. Метою експериментальних досліджень було виявлення дійсного напружено-деформованого стану елементів прольотної будови, характеру її просторової роботи і розподілу тимчасового навантаження між балками до реконструкції та після. За характером розподілу прогинів між балками встановлювали закономірності просторової роботи прольотної будови. Існуючу прольотну будову випробовували після видалення всіх елементів мостового полотна при мінімальному постійному навантаженні, тому і при моделюванні покриття не враховувалося.

В ПК Femap with NX Nastran змодельована прогонова будова крайнього прольоту за типовим проектом і навантажено її за схемами, аналогічними до тих, які проводилися експериментально. До реконструкції прольотну будову випробовували за трьома схемами [5]:

а) один трьохвісний автомобіль КрАЗ максимально наближений почергово до осі (тиск на передню вісь 45,5кН, на задні осі візка по 92,3кН), рис.1а;

б) ще один трьохвісний автомобіль КрАЗ паралельно до першого в другий ряд, рис.1б;

в) ще два двовісні автомобілі МАЗ (тиск на передню вісь 53,8кН, на задню 100кН) зведені впритул задніми бортами до перших у дві колони, рис.1в;

Кінцево-елементна модель прогону з граничними умовами і умовами аналізу готувалася в середовищі Femap. Розрахунок виконувався в NX Nastran, далі результати візуалізувалися і документувалися в середовищі Femap. Процес моделювання і розрахунку залізобетонної конструкції виконувався з врахуванням особливостей описаних в [20], а також керуючись рекомендаціями та інструкціями наведеними в [12,17].

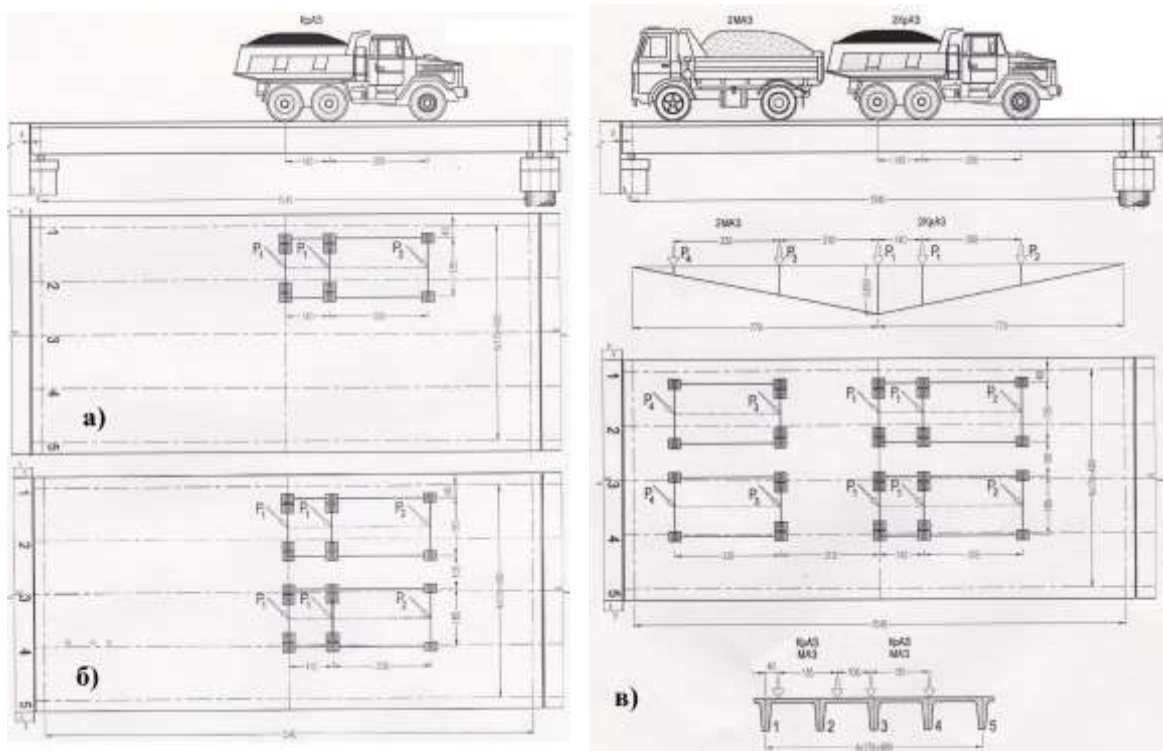


Рис.1. Схеми навантаження прогонової споруди

Залізобетон, як складний композитний матеріал, змодельовано за рахунок задання двох різних матеріалів (бетону і арматури) і різних відповідних властивостей (properties) кінцевих елементів, а саме: KE типу Solid для моделювання бетону, як об'ємного тіла і балочного KE типу Beam для арматури. Об'ємний елемент Solid являється трьохвимірним елементом суцільного середовища, використовувався у формі лінійних гексаєдрів. Узагальнений елемент балки Beam являється одно осевим елементом, що працює на розтяг, стиск, кручення, поперечний зсув і згин. Важливим моментом є забезпечення спільної їх роботи, що реалізовувалося за рахунок об'єднання відповідних вузлів. Арматурний каркас моделювався як суцільний зварний, що виключає необхідність накладати додаткові в'язі на арматурні стержні проти повороту навколо власної осі. Під час моделювання враховано лише основну робочу арматуру. Вільне обпирання виконано у виді шарнірно-нерухомої та шарнірно-рухомої опор. Навантаження імітувалось рівномірно розподіленим тиском на площі контакту колеса з поверхнею конструкції. Отримана кінцево-елементна модель показана на рис.2.

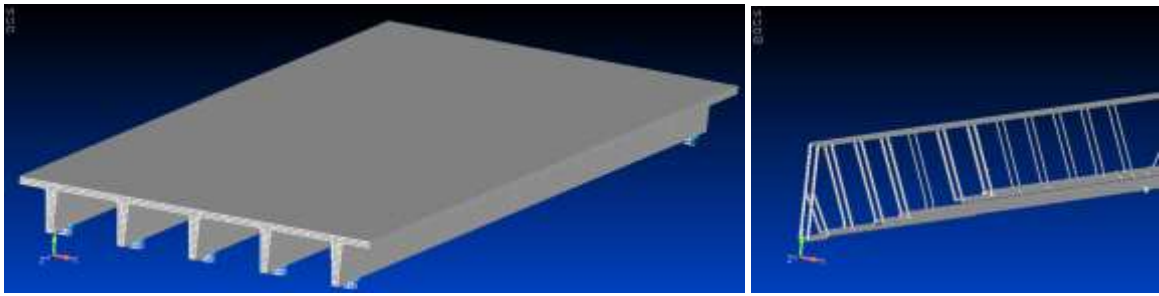


Рис.2. Тривимірна кінцево-елементна модель прогону та арматурного каркасу балки

Для отриманої моделі проведено статичний пружний розрахунок при трьох випадках навантаження. Отримані результати наведені на рис.3 і рис.4.

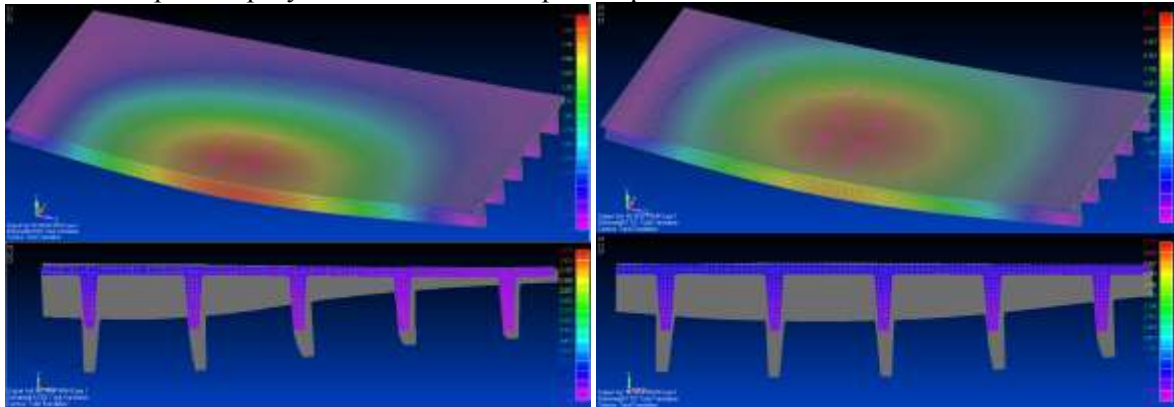


Рис.3. Деформована модель при: а – першій схемі, б – другій схемі навантаження

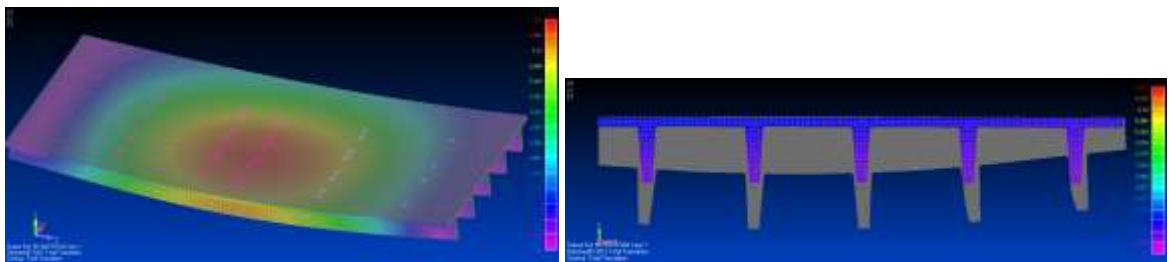


Рис.4. Деформована модель при третій схемі навантаження

Аналіз результатів. Одержані прогини при натурному експерименті та чисельному моделюванні представлені у вигляді епюр (рис.5). Числові дані наведені у табл.1. З представлених епюр та табл.1. видно, що характер розподілу прогинів при чисельному моделюванні є аналогічним до експериментального і носить нелінійний характер.

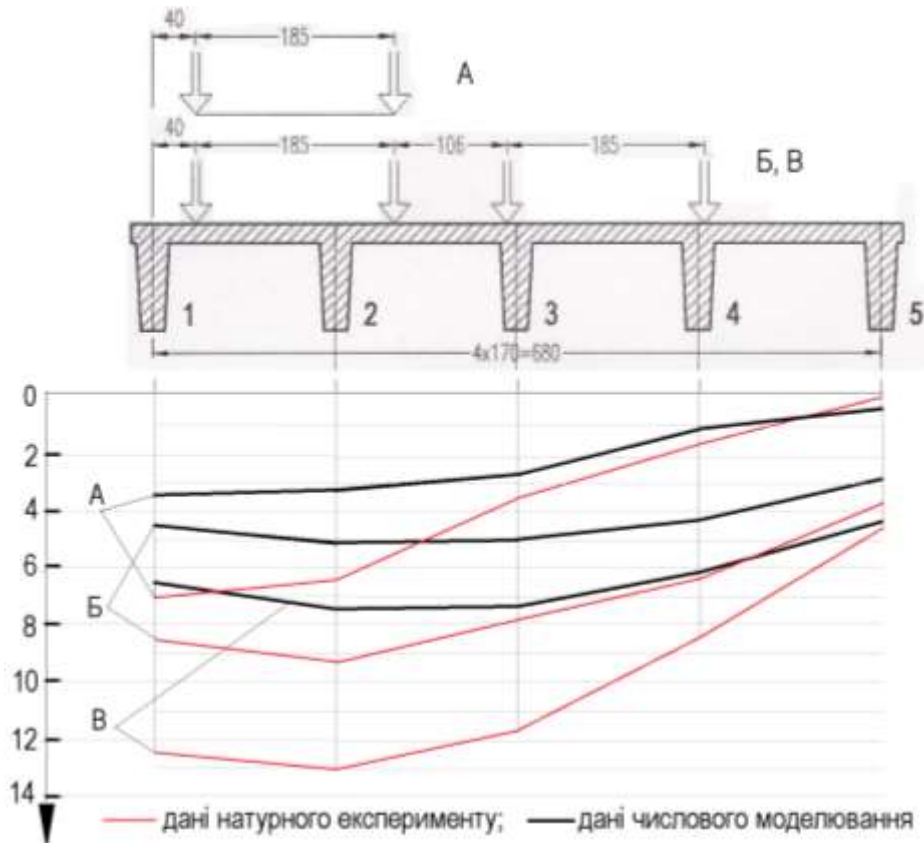


Рис. 5. Епюри прогинів балок прольотної будови

Таблиця 1.

Значення прогинів балок при експерименті та числовому моделюванні

	№ балки →	1	2	3	4	5
Схема «А»	моделювання	3,59	3,42	2,37	1,26	0,65
	експеримент	7,04	6,42	3,64	1,55	0,14
Схема «Б»	моделювання	4,49	5,07	4,99	4,25	2,87
	експеримент	8,66	9,35	7,96	5,22	3,77
Схема «В»	моделювання	6,52	7,32	7,21	6,17	4,27
	експеримент	12,52	13,04	11,72	8,52	4,51

Різниця отриманих значень між реальним випробуванням і чисельним розрахунком пов'язана з тим, що реальна конструкція, яка випробовувалася, на момент експерименту експлуатувалася вже близько п'ятдесяти років, у зв'язку з чим, за цей період зазнала різного роду впливів, в її структурі відбулися різні зміни та процеси. Зокрема, слід відмітити незадовільний стан зовнішніх консолей полиць крайніх балок, на значних ділянках вони були зруйновані, значну кількість дефектів біля деформаційних швів закритого типу і інші пошкодження. Крім того, при моделюванні прийнято деякі спрощення, зокрема, не враховувалося конструктивне армування, арматурні стержні проти усадки, тощо, також при було прийнято проектні міцнісні характеристики матеріалів.

Враховання наведених і інших особливостей при чисельному експерименті є задачею для подальшого дослідження з метою досягнути більшої збіжності результатів кінцево-елементного моделювання з натурними експериментами.

Висновки. В зв'язку з незадовільним станом і невідповідністю сучасним нормативним вимогам багатьох мостів, які тривалий час знаходяться в експлуатації, постає необхідність об'єктивно оцінити їх несучу здатність та реальний напружено-деформований стан. З допомогою чисельного моделювання методом кінцевих елементів у поєднанні з універсальними сучасними програмними комплексами можна з великою точністю змоделювати, розрахувати і здійснити оцінку несучої здатності залізобетонних плитно-ребристих мостових систем. Для високої збіжності необхідно враховувати різного роду нелінійні процеси і максимально точно моделювати реальний стан конструкції.

1. Гасенко А.В. Моделювання напружено-деформованого стану безкапітельних вузлів монолітного залізобетонного перекриття із сталевобетонними колонами. / Гасенко А.В., Пігуль О.В., Маган І.В. // Вісник СНАУ, 11(14). – 2010, Серія «Будівництво». – С.53-60.
2. Дмитренко Т. Використання новітніх комп'ютерних технологій при чисельному дослідженні напружено-деформованого стану будівельних конструкцій / Вісник НУ ЛП №751 (2013). - С.346-350.
3. Кваша В. Г. Експериментальні дослідження просторового розподілу зусиль в залізобетонній плитно-ребристій прольотній будові моста / В. Г. Кваша, Ю. М. Собко, С. М. Стечишин // Будівельні конструкції, 2013. т. Вип. 78(1). - С.413-421.
4. Кваша В.Г. Просторовий розрахунок існуючих прольотних будов залізобетонних мостів при врахуванні виявлених дефектів / В.Г. Кваша, І.Г. Іваник // Збірник наукових праць Рівненського державного технічного університету «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне, 1999. - Вип. 3. – С.145-150.
5. Технічний звіт з обстеження і випробування моста через р. Буковець на км 51+005 автомобільної дороги державного значення Татарів – Кам'янець-Подільський // Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – 95с.
6. Гениев Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона / Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. – М.: Стройиздат, 1974. – 316с.
7. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат. – 1996. – 416с.
8. Клейн В.Г. Метод конечных элементов при расчетах железобетонных конструкций с учетом дефектов / В.Г. Клейн, П.В. Колтаков. // Транспортное строительство – М., 2009. – №10. – С.26-28.
9. Лолейт А.Ф. Новый проект норм / Доклад на I Всесоюзной конференции по бетону и железобетону 20-25 апреля 1930 г. в Москве // Тр. конф. – М. 1931.
10. Мурашев В.И. Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона. – М. Машиностроиздат, 1958 – 268с.
11. Рудаков К.Н. FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций. – К.: НТУУ "КПИ", 2011. – 317 с.
12. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 784с.
13. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Выпуск 56. Пролетные строения железобетонные, сборные с каркасной арматурой периодического профиля // М.: Стройиздат, 1958. – 56с.
14. Чередников В.Н. Численные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных колон производственного цеха / Чередников В.Н., Гасенко А.В., Крупченко А.А. // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди – Збірник наукових праць. Випуск 27. Полтава, 2013. – С.266-273.
15. Чирков В.П. Вероятностные методы расчета мостовых железобетонных конструкций / Чирков В.П. – М.: Транспорт. – 1980. – 134с.
16. Шалобыта Н.Н. Особенности идеализации в расчетах железобетонных элементов сечений сложной формы / Шалобыта Н.Н., Масилевич А.В., Шалобыта Т.П. // Строительство и архитектура. Вестник Брестского государственного технического университета. № 1 – Брест, 2013. – С.135-139.
17. Шимкович Д.Г. Femap & Nastran. Инженерный анализ методом конечных элементов – М.: ДМК Пресс, 2008. – 704 с.
18. Ngo D. Finite element analysis of reinforced concrete beam / Ngo D., Scordelis A.C. // ACI Journal. – 1967. – v.64. - №3.
19. Nilsen A.H. Nonlinear analysis of reinforced concrete by the finite element method / ACI Journal. – 1968. v.65. №9.
20. Volotsiuga V. Use of modern finite element analysis packages in calculations of reinforced concrete bridges. / Volotsiuga V., Shynder Yu. // Geodesy, Architecture & Construction: Proceedings of the 5th International Conference of Young Scientists GAC-2013. – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2013. – Electronic edition on CD-ROM.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2014

УДК 629.33:339.138

В.А.Кищун
Луцький національний технічний університет
АВТОМОБІЛІЗАЦІЯ УКРАЇНИ: КРОК ВПЕРЕД ...

Побудовані матриці та визначені залежності між валовим внутрішнім продуктом на одного жителя та рівнем автомобілізації України в десятирічному інтервалі. За результатами аналізу встановлено, що для досягнення середньоєвропейського рівня насиченості легковими автомобілями країні необхідно 15...20 років.

Ключові слова: легковий автомобіль, рівень автомобілізації, валовий внутрішній продукт.

Рис. 4. Літ. 8.

В.А.Кищун
АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ УКРАИНЫ: ШАГ ВПЕРЕД ...

Построены матрицы и определены зависимости между валовым внутренним продуктом на одного жителя и уровнем автомобилизации Украины в десятилетнем интервале. По результатам анализа установлено, что для достижения средневропейского уровня насыщенности легковыми автомобилями стране необходимо 15 ... 20 лет.

Ключевые слова: легковой автомобиль, уровень автомобилизации, валовой внутренний продукт.

V. Kyshchun
AUTOMOBILIZATION OF UKRAINE: A STEP FORWARD ...

We have built arrays and determined dependencies between gross domestic product per citizen and level of car ownership in Ukraine in a ten year interval. The analysis showed that the achievement of the average European level of saturation for passenger cars requires anywhere from 15 to 20 more years.

Keywords: passenger car, ownership level, gross domestic product.

Постановка проблеми. Одним з критеріїв, який визначає ступінь економічного розвитку тієї чи іншої країни, є рівень її автомобілізації, під яким прийнято розуміти розвиток парку транспортних засобів, ріст показника забезпечення населення автомобілями індивідуального користування та пов'язані з цим процеси, які характеризують участь автомобільного транспорту у вирішенні соціально-економічних завдань. Країна, її господарство знаходяться на витку спіралі добре відомому у світі: більше автомобілів – більше доріг – розвиток і освоєння територій – економічний ріст.

Рівень автомобілізації вважається також важливим показником добробуту населення: чим вище рівень добробуту людей, тим більша ймовірність придбання ними автомобілів. Підвищення рівня автомобілізації населення призводить до зміни соціальної структури суспільства, збільшення мобільності людей, покращення культурного рівня і економічного становища людей.

Автомобіль, як транспортний засіб, має ряд переваг перед іншими видами транспорту. До таких належить вже згадана висока мобільність, здатність доставляти пасажирів і вантажі "від дверей до дверей", відносна простота керування.

Разом з тим, вітчизняний досвід свідчить – автомобілізація, одночасно з позитивним впливом на економіку держави, створенням зручностей і комфорту для людей, викликає ряд негативних явищ, які особливо проявились за останні роки. Це, перш за все, великі людські жертви та значні матеріальні втрати в результаті дорожньо-транспортних пригод, шуми і вібрації, загазованість повітряного середовища, захаращення вулиць, ускладнення дорожнього руху загалом, неефективне споживання сировинних та енергетичних ресурсів.

Показником автомобілізації вважається ступінь насичення країни автомобілями, який визначається кількістю усіх видів автомобілів, що припадає на 1000 жителів. Однак, частіше використовують показник автомобілізації, який вимірюється кількістю приватних легкових автомобілів на 1000 жителів. Під легковим автомобілем мається на увазі дорожній транспортний засіб (крім двоколісних транспортних засобів), призначений для перевезення пасажирів і багажу, місткістю від 2 до 9 осіб, враховуючи водія. Якщо в 1937 р. цей показник у світі був 15,8 авт./1000 осіб, а в 1967 р. – 46,2, то в 2010 р. він перевищив 130 авт./1000 осіб [1].

Оскільки автомобілізація населення є важливим індикатором соціально-економічного розвитку держави, то вона кожні два-три роки визначається як місцевими статистами у різних країнах, так і глобально у звітах Світового банку чи ООН. Доречним буде зауважити, що цей

показник ніколи не прив'язувався до заторів на дорогах.

Економічні служби ООН ведуть облік показників добробуту і рівня життя у країнах за трьома десятками параметрів, у тому числі кількістю легкових автомобілів, що припадає на 1000 жителів. У свою чергу, рівень економічного розвитку держави визначає валовий внутрішній продукт (ВВП) на душу населення (ВВП в розрахунку на душу населення і на одного зайнятого у виробництві). Хоча його не можна вважати абсолютно точною характеристикою, оскільки чимале значення має галузева структура виробництва, якість товарів, що випускаються, ефективність витрати матеріалів і енергії на одиницю продукції.

Для порівнянності всі показники виражаються в єдиній валюті – долар США. Перерахунки з національних валют у долари, як це прийнято в ООН при міжнародних економічних порівняннях, виконуються не за ринковими обмінними курсами, а за паритетами купівельної спроможності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автомобільний ринок будь-якої країни може служити певним характерним індикатором її економічного стану. Спостерігається також зворотна закономірність: якщо економічний потенціал держави високий, кількість трансакцій на ринку зростає і споживач віддає перевагу купівлі нового легковика. У випадку, коли економіка знаходиться у кризовому стані – попит на автомобілі зменшується або переміщується у сегмент старих авто та ремонтних послуг.

Простежити рівень автомобілізації залежно від економічного стану країни можна за допомогою спеціальної матриці. Для її побудови по горизонталі відкладається показник, який використовується для оцінки життєвого рівня населення – валовий внутрішній продукт в державі на одну особу, а по вертикалі – кількість легковиків, що припадає на 1000 жителів. Потім прийнятий ряд емпіричних даних описується (із застосуванням методу апроксимації) певною функцією, графік якої наноситься на складену матрицю.

На рисунку 1 наведена матриця, яка була побудована автором у дисертаційній роботі за показниками 2000 року [2]. В якості лінії тренду була використана логарифмічна функція, оскільки вона добре кореспондується з відомим графіком процесу автомобілізації показаним на рисунку 2 (за умови, що початковий період Україна вже пройшла).

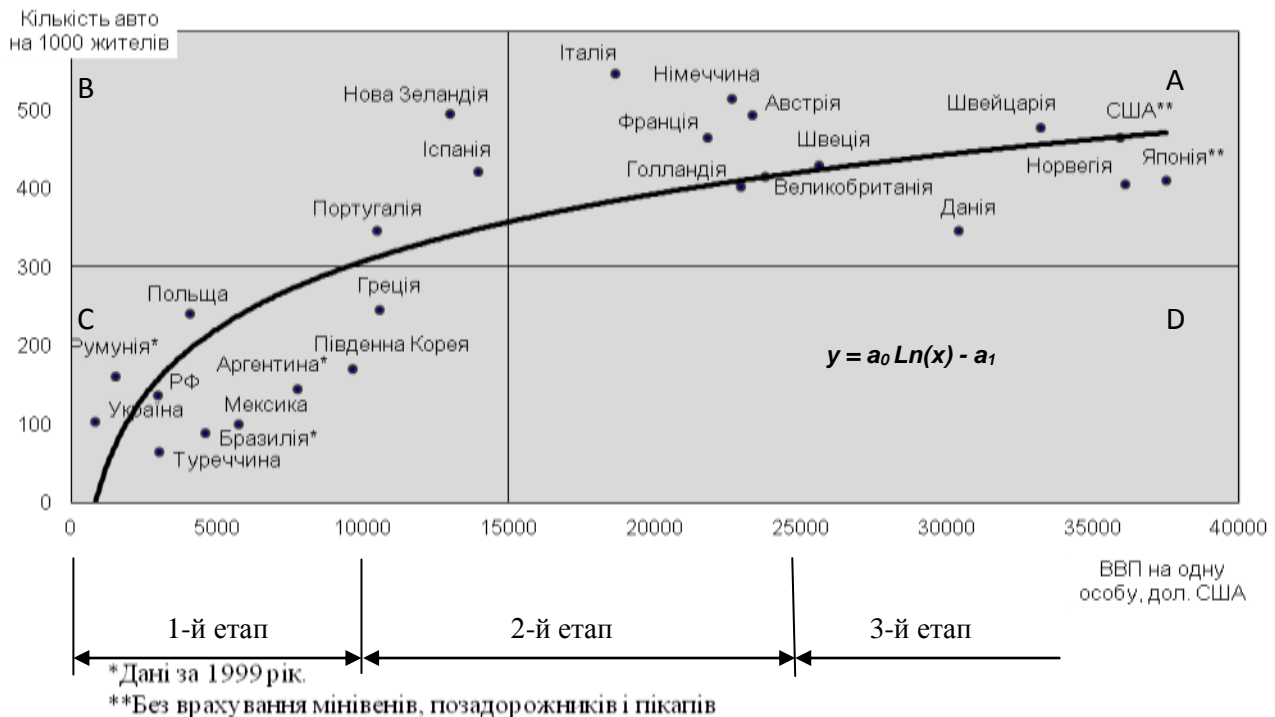


Рис. 1. Матриця оцінки рівня автомобілізації країн світу у 2000 році та модель динаміки розвитку автомобільного парку [авторська розробка]

З матриці видно, що країни сконцентрувалися у трьох зонах – квадрантах А, В і С (див. рис. 1). Перехід України з квадранта С у квадрант А, де розташувалися Італія, Німеччина,

Франція, США, Японія та інші країни з високими рівнями автомобілізації і ВВП можливий був, зважаючи на її тодішній економічний стан, лише у віддаленій перспективі. Швидше могло відбутися приєднання до групи держав (Португалія, Іспанія, Нова Зеландія), які за своїми

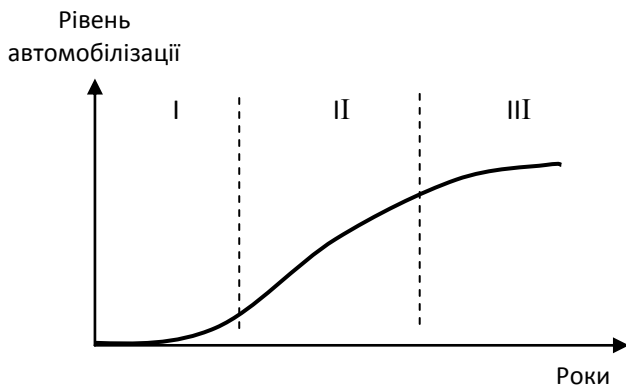


Рис. 2. Процес автомобілізації:
I – початковий період; II – період інтенсивного росту; III – період насичення

показниками розмістилися у квадранті В; кількість бажаючих купити авто зростає, якщо річний національний дохід на одну особу досягає \$5000-6000 або сім'ю – \$10000-12000 (див. рис. 1).

Побудована трендова модель дозволяла у першому наближенні оцінити динаміку розвитку автомобільного парку в країні. Загалом він характеризувався трьома етапами. На першому етапі (ВВП до \$10000) парк ще далекий від насичення, процес автомобілізації країни розвивається прискорено. На другому (ВВП складає \$10000...25000) чисельність парку продовжує зростати, але темпи його приросту зменшуються. Третій етап (ВВП більше \$25000) – автомобільний парк

країни досяг певної межі, рівень забезпеченості автомобілями населення близький до номінального, настає динамічна рівновага, за якої різниця між кількістю придбаних автомобілів і виведених з експлуатації прямує до нуля.

З точки зору динаміки і структури автомобільного парку ринок може бути стабільним та таким, що розвивається. Ринок, що розвивається – той, на якому більша частина автомобілів, що продаються іде на інтенсивний приріст парку. Питома вага реалізованих авто, які замінюють старі, – мінімальна.

Стабільний ринок – той, на якому більша частина реалізованих автомобілів (70...80%) іде на заміну, оновлення вже існуючого парку. За високого рівня насиченості ринку спостерігається інтенсивний продаж і низькі темпи приросту парку, що своєю чергою віддзеркалює позитивну тенденцію економічного зростання країни. Зокрема, у США 83% проданих автомобілів іде на заміну парку і лише 17% на поповнення [3].

У Німеччині автомобільний ринок і парк стабілізувалися, щорічний приріст останнього не перевищує 1,0...1,8% на відміну від країн Східної Європи. Натомість, середній вік автомобіля в Україні досить великий, переважна більшість транспортних засобів у країні експлуатується 15 і більше років [4]. Нормальне вибуття парку за терміном експлуатації має складати 6...10% в рік, а фактично в останні десять років ця частка в Україні становила всього 1,0...1,5% [3].

Мета досліджень. Визначення впливу зростання ВВП України на рівень автомобілізації країни.

Результати досліджень. Україну сьогодні можна охарактеризувати як країну з економікою, що розвивається; теж саме стосується і ринку автомобілів. Відповідно і невисокий (однак зростаючий ВВП) мав би підвищувати платоспроможний попит населення на нові транспортні засоби та, як наслідок, рівень загальної автомобілізації. Щоб підтвердити висунуту гіпотезу, за джерелами [1, 5] було побудовано матрицю вже на основі даних за 2010 рік, яка показана на рисунку 3.

З рисунка видно, що за десять років, які минули, відбулися значні позитивні зміни для групи країн у яку Україна, на жаль, не потрапила. Так, Португалія, Іспанія, Нова Зеландія перемістилися з квадранту В у квадрант А, а Польща і Греція пройшовши за цей період квадрант В, розмістились в – А. Україна, як і інші держави (Румунія, Бразилія, Мексика, Туреччина) продовжують перебувати у квадранті С – на першому етапі насичення автомобільного ринку.

Якщо звернутися до конкретних чисел, то за 10 років (з 2001 р. по 2010 р.) ВВП на кожного українця зріс у вісім разів, а кількість автомобілів на 1000 мешканців у 1,5 рази – з 103 до 158 одиниць, що значно нижче за показник європейських країн у яких він знаходиться у межах 450...550. До речі, за кількістю автовласників перше місце в світі займають США – 765 на кожну тисячу громадян (з врахуванням мінівенів, позадорожників та особливо популярних пікапів). Другий рядок у рейтингу посідає Люксембург з 686 автомобілями на 1000 жителів [4]. Очевидно,

щоб вийти, принаймні, на середній європейський рівень Україні потрібно буде 60...70 років (!), за умови, що демографічна ситуація в країні кардинально не зміниться.

Як вже зазначалося, рівень автомобілізації країни значною мірою відображає рівень життя її населення. Чим вище доходи людей, тим більше ймовірність купівлі нового легковика. Розрахунки показують, що автомобіль мають можливість придбати за умови, коли річний дохід особи (сім'ї з 3-4 осіб) дорівнює його вартості; якщо 0,85...0,9 від вартості – зробити це важко, а якщо менше – то купити неможливо [3].

З іншого боку, зростання рівня автомобілізації може викликати певні проблеми, якщо паралельно з ним не розвивається транспортна інфраструктура. Адже виробник автомобілів може успішніше продавати їх на ринку, де розвинуті канали збуту, тобто система торгівлі; привабливість автомобіля зростає, якщо розвинута мережа станцій технічного обслуговування (СТО) і ремонту, мережа автомобільних шляхів, автозаправних станцій (АЗС), стоянок, створено умови для використання автомобіля.

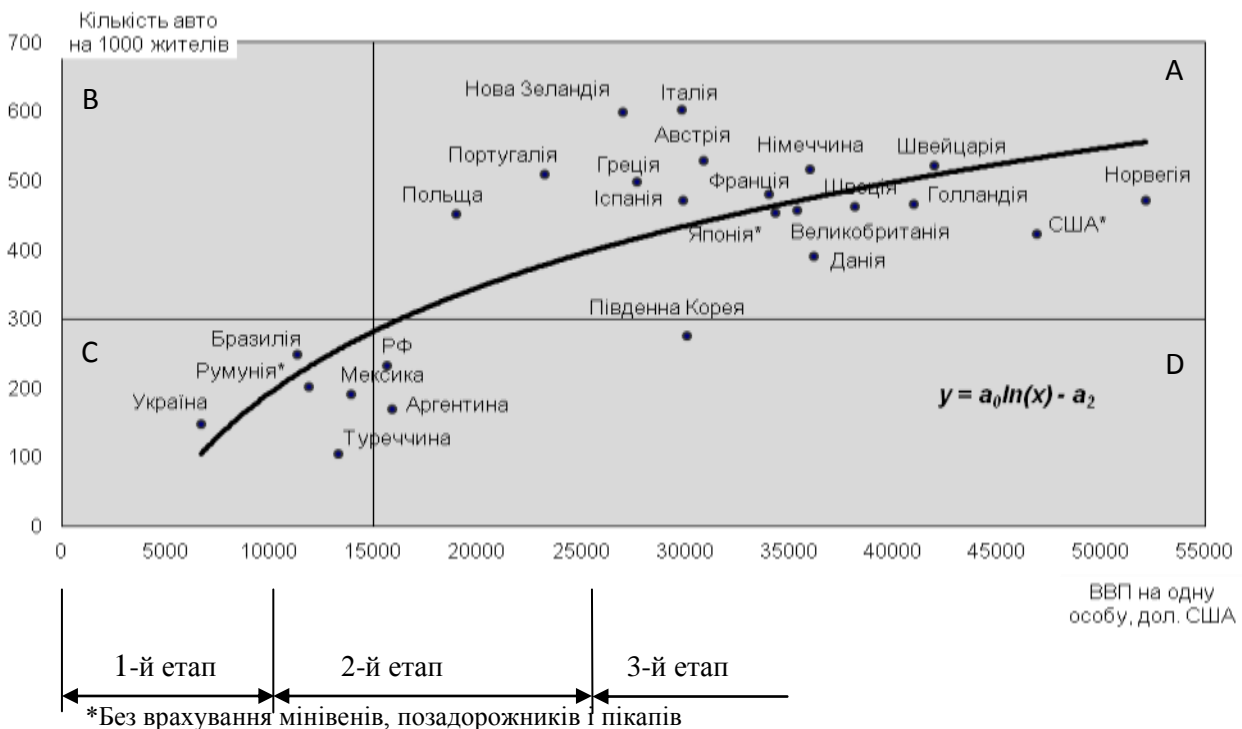


Рис. 3. Матриця оцінки рівня автомобілізації країн світу у 2010 році та модель динаміки розвитку автомобільного парку [авторська розробка]

Відомо, що кожний автомобіль, який надійшов в експлуатацію вимагає: l – шляхів; z – запасних частин; t – трудомісткості обслуговування та ремонту; m – обсягу експлуатаційних матеріалів; s – заправних станцій; p – стоянок; g – гаражів; b – затрат на забезпечення безпеки руху; u – затрат на усунення шкідливих наслідків та утилізацію. Використання автомобіля є вигідним тоді, коли він не додає проблем, а навпаки – позбавляє від них. Тому, якщо за критерій взяти показник ефективності використання автомобіля і позначити його y , то функція розвитку інфраструктури матиме вигляд:

$$y = f(l, z, t, m, s, p, g, b, u).$$

З наведеної формули випливає, що ефективність використання автомобіля залежить від багатьох факторів, кожний з яких має свої умови реалізації. Так, якщо за короткий термін можна продати на ринку достатню кількість автомобілів, то для будівництва шляхів, СТО, АЗС, гаражів, стоянок для цієї кількості транспортних засобів необхідно буде порівняно більше часу (тепер, завдячуючи імпорту і власному виробництву, можливий інтенсивний приріст парку автомобілів,

одночасно за його зростанням не встигає жодний, хіба що за винятком АЗС і СТО, з елементів інфраструктури).

Таким чином попит на автомобілі залежить від:

- а) стану економіки у країні;
- б) доходу на душу населення;
- в) інфраструктури автотранспорту;
- г) існуючого рівня автомобілебудування тощо.

На рисунку 4 показано динаміку обсягів виробництва і продажу в Україні легкових автомобілів протягом десяти років починаючи з 2001-го. У наступних 2011–2013 роках значних змін у числах не спостерігалось: виробництво – менше 45...95 тисяч легковиків, продаж – дещо більше 200 тисяч. Різниця у числах компенсувалася за рахунок імпорту, оскільки вітчизняних автомобілів для забезпечення споживчого попиту було недостатньо; власне, як за кількістю, так і за типами і моделями. Сумарний продаж нових легкових автомобілів за 10 років склав 2 млн. 726 тисяч одиниць, уживаних – ще 190...200 тисяч. Таким чином, збільшення вітчизняного автомобільного парку на 2,7...2,8 млн (з урахуванням вибуття частини транспортних засобів з експлуатації) забезпечив приріст 55 легковиків на 1000 жителів або 5-6 автомобілів у рік на 270...280 тисяч проданих.

Натомість, орієнтуючись на обсяги продажу у 2008 році (див. рис. 4) можна припустити, що річне зростання показника автомобілізації збільшилося б у два рази, відповідно вітчизняний рівень міг би досягти європейського у два рази швидше – за 30...35 років. Плани цілком реалістичні і підтверджуються побіжно такою статистикою: в Україні посвідчення водія щорічно отримують 600...700 тисяч бажаючих. А ще необхідні доступні автокредити та зростання доходів жителів країни.

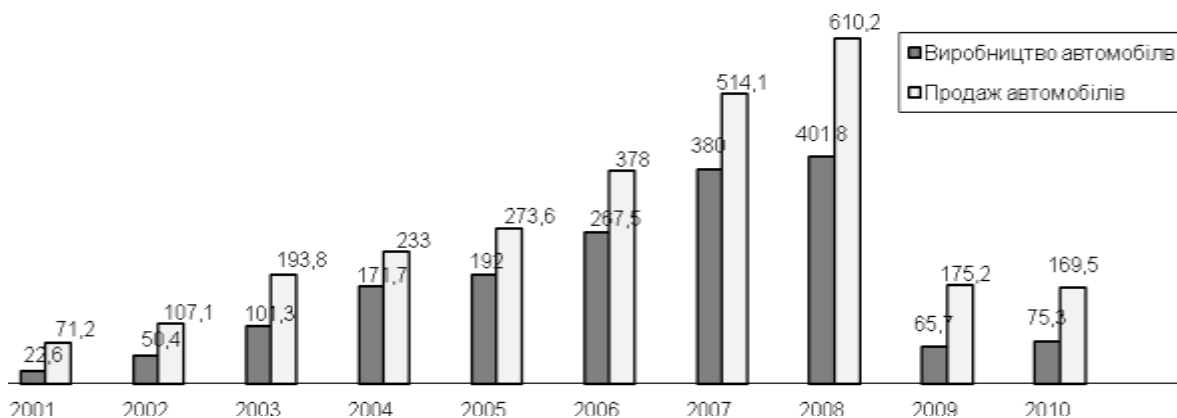


Рис. 4. Динаміка обсягів виробництва і продажу в Україні легкових автомобілів у 2001–2010 роках, тис. одиниць [розроблено за [6]]

Чи може вітчизняна автомобільна промисловість забезпечити покупців потрібною кількістю легковиків? Певною мірою, так. Сьогодні сумарна потужність чотирьох вітчизняних автозаводів ЗАЗ, Єврокар, Богдан і КрАСЗ становить 410 тисяч автомобілів, однак завантажені вони останніми роками лише на 20...25% [7]. Беручи до уваги той факт, що Україна за кількістю автомобілів на 1000 жителів відстає від європейських країн у 3,0...3,5 рази (див. рис. 3) можна припустити, що навіть за відсутності позитивної динаміки виробництва, показник автомобілізації буде продовжувати зростати.

Тому, враховуючи ситуацію, що склалася, Кабінет міністрів України у січні 2014 року на своєму засіданні прийняв розроблену Міністерством економічного розвитку і торгівлі концепцію Державної цільової економічної програми розвитку легкового автомобілебудування на п'ятирічний період [8]. Очікується, що до 2020 р. виробництво автомобілів має становити 734,4 тис. в рік, з яких 220,3 тисяч – для постачання на експортні ринки. Локалізація виробництва продукції повинна складати не менше 55%, а частка на ринку українських автомобілів має зрости з 20% до 70%. Таким чином, сумарний обсяг ринку легковиків разом з імпортом планується довести

до 750...800 тисяч у рік (за іншими прогнозами він може поглинути до мільйона транспортних засобів). Таким чином, повертаючись до показника автомобілізації країни, можна припустити, що Україна досягне європейського рівня ще на 5...10 років швидше, а це вже у межах видимої перспективи.

Висновки. За десятирічний період (2001–2010 р.) рівень автомобілізації України зріс у 1,5 рази до 158 авто на 1000 жителів, однак це нижче у 3,0...3,5 рази від середньоєвропейського рівня. Щоб досягти показника 500 автомобілів на 1000 жителів у країні потрібно щорічно продавати не менше як 750...800 тисяч легкових автомобілів (у тому числі власного виробництва) протягом 15...20 років за умови пропорційного зростання в країні ВВП і частки середнього класу у суспільстві. Одночасно необхідно буде забезпечувати розвиток дорожньої інфраструктури, підвищувати безпеку руху та знижувати негативний вплив на навколишнє середовище.

1. Рейтинг стран мира по уровню автомобилизации – информация об исследовании. Центр гуманитарных технологий. URL. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gtmarket.ru/ratings/passenger-cars-per-inhabitants/info>.
2. Кищун В. А. Маркетингова товарна політика операторів ринку легкових автомобілів. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.06.01 – економіка, організація і управління підприємствами. – Луцьк: Луцький державний технічний університет, 2002. – 214 с.
3. Марков О. Д. Станции технического обслуживания автомобилей. – К.: Кондор, 2008. – 536 с.
4. Сокол М. Маркетинг на рынке легковых автомобилей/Сокол М. – К.: Альфа Реклама, 2012. – 500 с.
5. Рейтинг стран по объему ВВП на душу населения. РИА-Аналитика /Центр экономических исследований. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://ria.ru/research/>.
6. Статистика. Укравтопром. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ukrautoprom.com.ua/uk/statistika.
7. Владимирский И., Добровольский В. Местный эффект // Авторевю. – 2013. – №5. – С. 14–17.
8. Урядовий портал. Схвалено Концепцію Державної програми розвитку легкового автомобілебудування України на період до 2020 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:www.kmu.gov.ua.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2014

УДК 629.017

Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЕВРЕННОСТИ
МНОГООСНЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Проведены испытания многоосных машин повышенной проходимости на примере бронетранспортёра БТР-80, КраЗ-6322 и КраЗ-7140Н6. Получены графики продольных и угловых ускорений, угловых скоростей колёсных машин при помощи мобильного регистрационно-измерительного комплекса.

Ключевые слова: многоосные автомобили, проходимость, устойчивость, маневренность

Рис 9. Форм. 6. Лит 10.

Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ
МАНЕВРЕНОСТІ БАГАТОВІСНИХ КОЛІСНИХ МАШИН

Проведено випробування багатовісних машин підвищеної прохідності на прикладі бронетранспортеру БТР-80, КраЗ-6322 та КраЗ-7140Н6. Отримано графіки поздовжніх та кутових прискорень, кутових швидкостей колісних машин за допомогою мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу.

Ключові слова: багатовісні автомобілі, прохідність, стійкість, маневреність

D.Klets, R.Salnikov

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MULTIAXIAL VEHICLES MANEUVERABILITY
INDICATORS

The main vehicle purpose is goods and passengers transportation with a specified efficiency, economy, environmental friendliness and safety. In vehicle theory, handling can be viewed as a vehicle property to keep movement specified direction or modify it according to the managing tools impact. Stability is vehicle ability to keep a predetermined speed, direction, and orientation of the longitudinal and vertical axes as a result of various perturbing forces impact.

Formation vehicles stability and controllability properties should be implemented at the design stage by rational choice of maneuver method, steering construction and machine construction parameters. Vehicle technical level is determined by their dynamic properties. The high level of these properties is particularly important to ensure in heavy city traffic.

Vehicles insufficient stability and controllability is one of the common causes of accidents on the roads. Heavy consequences of vehicle controllability and stability loss require the consideration of this problem by scientists and engineers.

Multi-terrain vehicles tests of BTR-80, KrAZ-6322 and KrAZ-7140H6 are performed. Diagrams of vehicle longitudinal and angular acceleration, angular velocity using mobile measuring complex are obtained.

Keywords: multiaxis vehicles, throughput, stability, maneuverability

Постановка проблеми и задачи исследования. В общей транспортной системе Украины важное значение имеет автомобильный транспорт, который занимает первое место по перевозкам грузов. Автомобили высокой и особо высокой проходимости нельзя рассматривать как средство для массовых перевозок грузов. Они необходимы для специальных целей и для перевозок в наиболее тяжёлых условиях пути. Повышение проходимости автомобиля достигается за счет увеличения числа осей, применения шин увеличенного профиля, установки самоблокирующихся дифференциалов, увеличения дорожных просветов.

Указанные машины должны обладать хорошей проходимостью, устойчивостью и маневренностью. Именно такие понятия необходимо закладывать при формировании технических свойств автомобиля путём рационального выбора конструктивных параметров. Многоосные грузовые автомобили получили широкое распространение в сельском хозяйстве, военной промышленности, а также в строительстве. Эти колёсные машины должны быть безопасными в эксплуатации, так как опрокидывание или столкновение с подобного рода машинами влечёт за собой высокий травматизм и материальный ущерб.

Вопросы повышения безопасности движения грузовых автомобилей принадлежат к числу важнейших, актуальность которых будет возрастать, поэтому этим вопросам необходимо уделять особое внимание.

Анализ последних источников исследований и публикаций. Основные положения теории автомобиля были разработаны академиком Чудаковым Е.А. и опубликованы в книге «Теория автомобиля» [1] вышедшей в 1950 г. Понятие устойчивость автомобиля рассматривалось автором не как отдельное эксплуатационное свойство, а как один из факторов влияющих на тяговые и тормозные свойства. При движении на повороте устойчивость считается одним из свойств управляемости, а при движении по прямой - отдельным свойством. Однако при движении по

©Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

прямой водитель вынужден постоянно воздействовать на рулевое колесо для компенсации отклонений курсового угла автомобиля от заданного под действием различных внешних и внутренних факторов.

В работе [2] понятие устойчивости рассматривалось как способность автомобиля самопроизвольно не отклоняться от траектории и параметров установившегося движения под воздействием внешних и внутренних возмущений. Потеря устойчивости при установившемся движении это занос задней оси, увод передней оси, буксование ведущих колес, а также наезд на припятствие.

Автор работы [3] считал, что для повышения устойчивости движения многоосной машины необходимо стремиться к тому, чтобы машина обладала либо недостаточной поворачиваемостью, либо чтобы её критическая скорость была высокой, по возможности находилась бы за пределом реальной скорости машины. Литвинов А.С. в своей работе утверждал, что при изучении устойчивости необходимо рассматривать движение колесной машины по всем степеням свободы, кроме движений в направлении перпендикулярном опорной поверхности и в направлении продольной оси автомобиля. Характер изменения движения автомобиля в направлении его продольной оси, в том числе и устойчивость движения в этом направлении, определяется тяговыми и тормозными свойствами автомобиля [4].

В работе [5] авторы утверждают, что устойчивость движения является одним из наиболее важных эксплуатационных свойств автомобилей, влияющих на безопасность движения. Указанное свойство в значительной степени определяется техническим состоянием шин, стабильностью таких параметров как динамический (статический) и кинематический радиусы, зависящих от разноразмерности шин, их неоднородности, изменчивости показателей радиальной жёсткости при вращении колёс.

Динамические свойства автомобиля проявляются в его реакции на управляющее воздействие [6]. В указанной работе [6] предложено в качестве критерия управляемости использовать величину ускорения (линейного или углового) автомобиля, возникающего при создании управляющего воздействия. С помощью указанного критерия возможно оценить динамические свойства автомобиля не только на повороте, но также и при разгоне, торможении, движении «крабом» и задним ходом [6].

В работе Литвинова А.С., Фаробина Я.Е. [7] авторы полагают, что для получения желаемого курсового угла и траектории движения автомобиля водитель должен постоянно воздействовать на органы управления автомобилем, создавая управляющие силы, которые регулируются самим водителем. Также исследованию показателей устойчивости и управляемости автомобилей посвящены работы [8, 9].

Несмотря на многообразие работ, посвященных оценке свойств маневренности колесных машин, определение мгновенного КПД и радиуса поворота автомобиля, а также эффективной мощности двигателя в режиме реального времени вызывает затруднение у исследователей. Данные вопросы требуют дальнейшего изучения.

Цель исследования. Выполнить экспериментальную оценку показателей маневренности многоосных грузовых автомобилей с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса.

Изложение основного материала исследования. В процессе экспериментальных исследований выполнялись регистрация динамических, аэродинамических свойств, устойчивости и мощностных характеристик, а также определение мгновенного КПД многоосных грузовых автомобилей.

Дорожные испытания проводились на следующих колесных машинах в стандартном исполнении (рис. 1):

- полный привод: «КрАЗ-6322»;
- полный привод: «КрАЗ-7140Н6»;
- полный привод: «БТР-80».

При проведении экспериментальных исследований соблюдались следующие условия:

- скорость ветра не больше 6 м/с (при порывах до 7 м/с);
- отсутствие осадков;
- атмосферное давление - не меньше 910 кПа (683 мм рт. ст.);
- относительная влажность воздуха не выше 95%;
- температура воздуха не ниже 3°C.



Рис. 1. Колесные машины, проходившие испытания:
а – КрАЗ-6322; б – КрАЗ-7140Н6; в – БТР-80

Для регистрации данных при дорожных испытаниях автомобилей использовался мобильный регистрационно-измерительный комплекс (рис. 2), состоящий из двух трехкоординатных датчиков ускорений Freescale Semiconductor, подключенных к ПЭВМ (notebook) [10]. Датчики устанавливались на раме автомобилей симметрично относительно продольной оси машины.

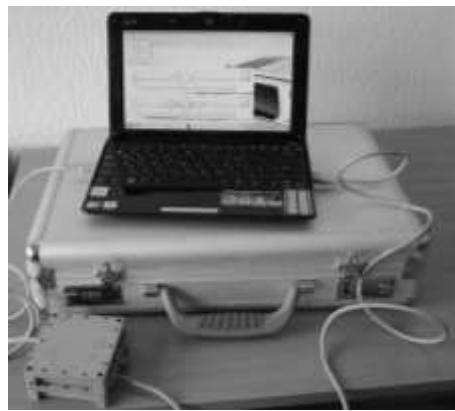


Рис. 2 Мобильный регистрационно-измерительный комплекс

Угловое ускорения автомобиля в плоскости дороги определяется из следующих зависимостей [5]

$$\varepsilon = \frac{a_{AY_1} - a_{BY_1}}{l_{AB}}; \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{BX1} - a_{AX1}}{l_{AB}}}, \quad (2)$$

где $a_{AY_1}; a_{BY_1}$ – компоненты ускорений автомобиля в точках A и B (точки установки датчиков) в направлении боковой оси (в поперечной плоскости);

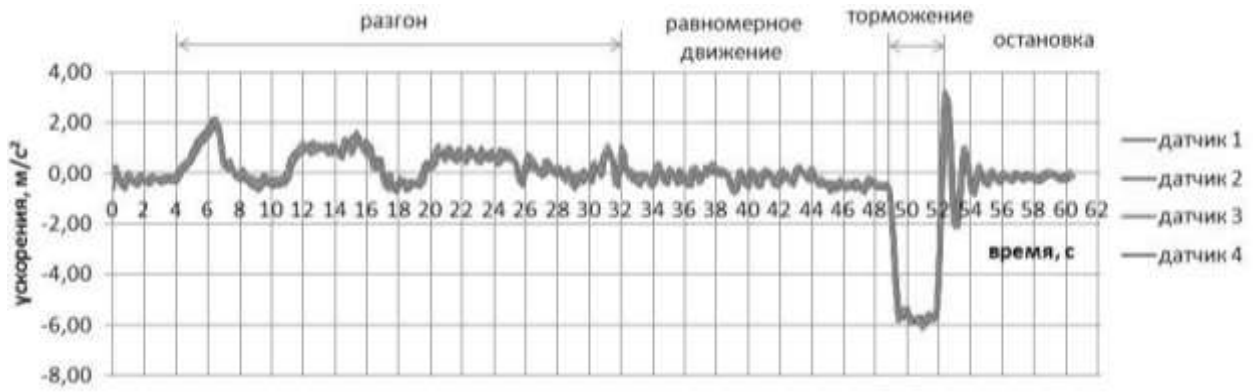
$a_{AX_1}; a_{BX_1}$ – компоненты ускорений автомобиля в точках A и B в направлении продольной оси;

l_{AB} – расстояние между точками крепления датчиков.

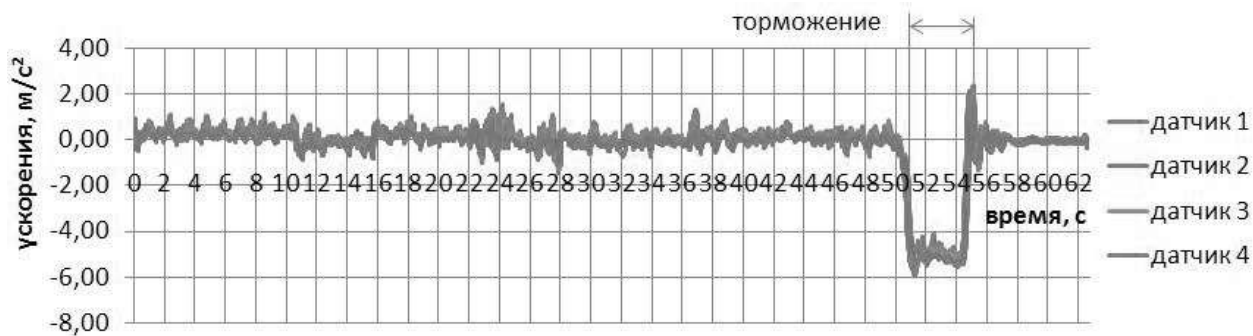
Мгновенный радиус поворота автомобиля определяется следующим образом [5]

$$R_D = \frac{\bar{a}_y \omega^2 + \bar{a}_x \varepsilon}{\varepsilon^2 + \omega^4}. \quad (3)$$

На рис. 3 показаны зависимости продольных ускорений, возникающих в процессе движения некоторых исследуемых автомобилей от времени.



КрАЗ-6322



КрАЗ-7140H6

Рис.3 - Продольные ускорения автомобилей КрАЗ-6322 и КрАЗ-7140

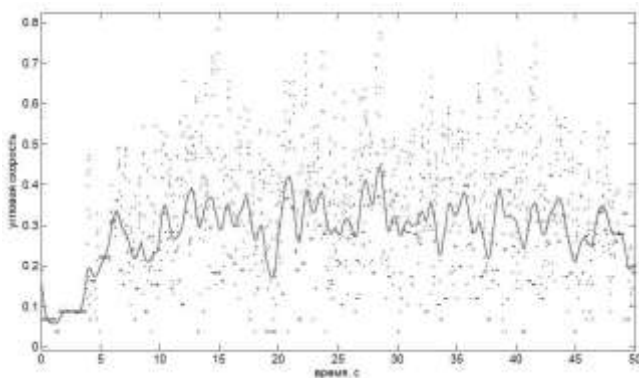


Рис.4. Угловые скорости, возникающие при движении автомобиля КрАЗ-6322 на повороте

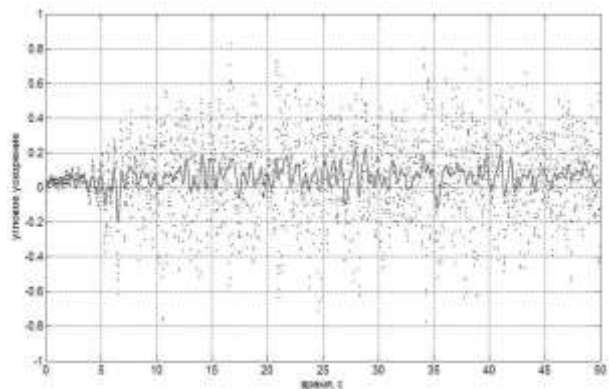


Рис.5. Угловые ускорения, возникающие при движении автомобиля КрАЗ-6322 на повороте

На рис. 6 приведена зависимость от времени ускорения автомобиля КрАЗ-7140H6 в процессе проведения выбега. Зависимость скорости от времени приведена на рис. 7

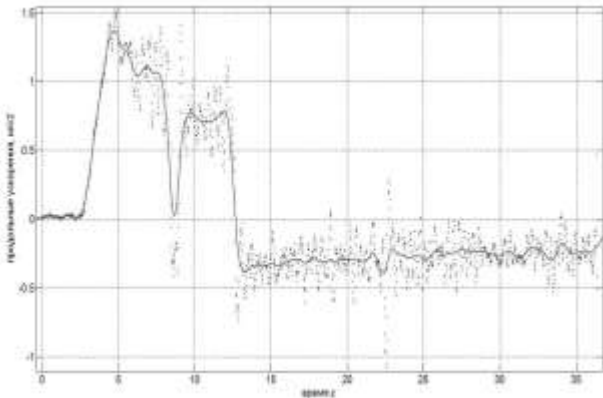


Рис. 6. Ускорення автомобіля КрАЗ-7140Н6

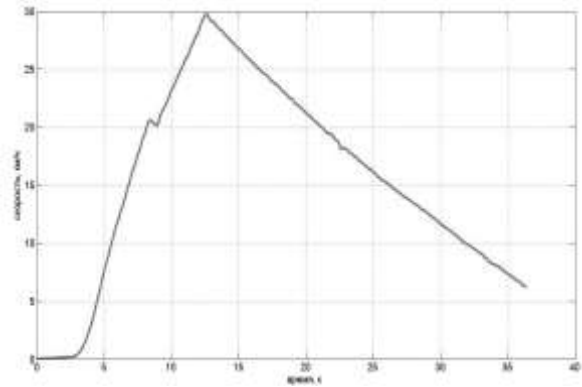


Рис. 7. Изменение скорости автомобиля КрАЗ-7140Н6 в процессе его выбега

Определение параметров сопротивления движению возможно осуществить путем решения системы алгебраических уравнений, полученных из дифференциального уравнения движения автомобиля при выбеге [5]

$$m_a \dot{V}_a = -(m_a g \Psi + k F V_a^2), \quad (4)$$

где kF - фактор обтекаемости (k -коэффициент сопротивления воздуха; F – площадь лобового сечения автомобиля – мидель);

ψ - суммарный коэффициент дорожного сопротивления, $\Psi = f \pm i$;

i - величина продольного уклона пути.

Мгновенный КПД автомобиля определяем, используя следующую зависимость [5]

$$\eta_{\text{МГН}} = \frac{N_p}{N_e} = \frac{\dot{V}_a}{\dot{V}_a b_1 + b_2 + b_3 V_a + b_4 V_a^2}. \quad (5)$$

Эффективная мощность определяется по зависимости [5]

$$N_e = m_a V_a (\dot{V}_a \cdot b_1 + b_2 + b_3 V_a + b_4 V_a^2), \quad (6)$$

где b_1, b_2, b_3, b_4 - коэффициенты, определяемые при измерениях в процессе движения автомобиля

\dot{V}_a - линейное ускорение автомобиля

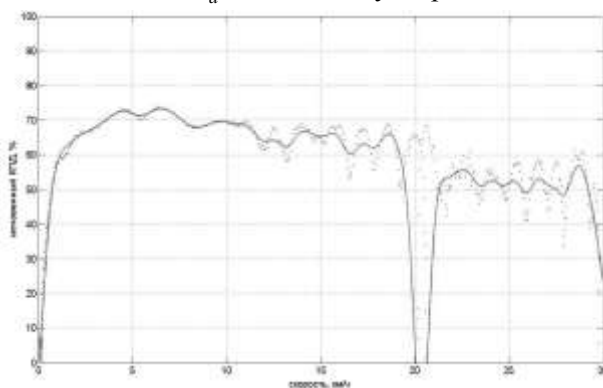


Рис. 8. Мгновенный КПД автомобиля КрАЗ-7140Н6 в зависимости от скорости его движения

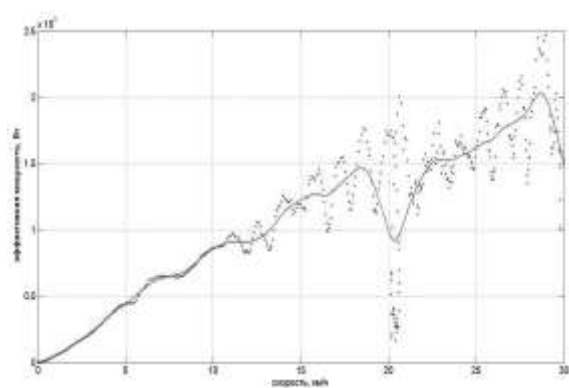


Рис. 9 Эффективная мощность двигателя автомобиля КрАЗ-7140Н6

Относительная погрешность измерения ускорений с помощью регистрационного комплекса не превышает 3-х %. Эта погрешность включает в себя погрешность самих датчиков и погрешность их установки на автомобиле.

©Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

Выводы

1. Мобильный регистрационно-измерительный комплекс ХНАДУ позволяет оценивать параметры маневренности колесных машин, а также проводить определение тягово-скоростных характеристик и сопротивления движению, мощностных, аэродинамических показателей и мгновенного КПД автомобиля с возможностью просмотра результатов в режиме реального времени.

2. Величины установившегося замедления исследуемых автомобилей КрАЗ-6322 и КрАЗ-7140 составили 6 м/с^2 . Максимальное ускорение на первой передаче автомобиля КрАЗ-6322 составило 2 м/с^2 , а КрАЗ-7140Н6 и БТР-80 $1,5 \text{ м/с}^2$. Мгновенный КПД автомобиля КрАЗ-7140Н6 при интенсивном разгоне на первой передаче равен 75%. Полученные результаты могут быть использованы в процессе эксплуатации при моделировании движения автомобилей на ПЭВМ, а также при проектировании перспективных колесных машин.

1. Чудаков Е. А. Теория автомобиля / Чудаков Е.А. – М.: Машгиз, 1950. – 343 с
2. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Закин Я.Х. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
3. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Антонов Д.А. – М.: Машиностроение, 1973. – 216с.
4. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / Литвинов А.С. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
5. Динамика автомобиля / [Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.]. – Харьков.: ХНАДУ, 2008. – 426 с.
6. Подригало М.А. Управляемость и устойчивость автомобиля. Определение понятий / М.А. Подригало, – Автомобильная промышленность. – 2008. – № 11. – с. 22 – 23.
7. Литвинов А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / Литвинов А.С. Фаробин Я.Е. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
8. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин / Смирнов Г.А. – М.: Машиностроение, 1990.– 352 с.
9. Степанов Ю. А. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на параметры поворота полноприводного автомобиля / Степанов Ю.А. Автомобильная промышленность. – 1975.– № 5.– с. 17-21.
10. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00 25.06.2010. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М. А., Коробко А.И., Клец Д. М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – № у 2010 01136; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014

УДК 621.9.048.6

О.Д.Клименко, Е.Л.Селезньов, О.В.Шовкомуд
Луцький національний технічний університет

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ
ПАРАМЕТРІВ ЗМІЦНЮВАЧА З ДЕФОРМІВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ НА СИЛУ
ДЕФОРМУВАННЯ ПРИ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОМУ ЗМІЦНЕННІ ЗУБЧАСТИХ
КОЛІС**

Розглянута методика проведення і обробка результатів експериментального дослідження щодо визначення впливу конструктивних параметрів зміцнювача з деформівними елементами на силу деформування при вібраційно-відцентровому зміцненні зубчастих коліс.

Ключові слова: надійність, зубчасте колесо, вібрація, експеримент, технологічні параметри.

Табл. 7. Рис.1. Літ. 1.

А.Д.Клименко, Э.Л.Селезнев, А.В.Шовкомуд

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ
ПАРАМЕТРОВ УПРОЧНИТЕЛЯ С ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ НА СИЛУ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОМ УПРОЧНЕНИИ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Рассмотрена методика проведения и обработка результатов экспериментального исследования по определению влияния конструктивных параметров упрочнителя с деформирующими элементами на силу деформирования при вибрационно-центробежном упрочнении зубчатых колес.

Ключевые слова: надежность, зубчатое колесо, вибрация, эксперимент, технологические параметры.

A.Klimenko, E.Seleznev, A.Shovkomud

**EXPERIMENTAL STUDY OF DESIGN PARAMETERS REINFORCERS WITH
DEFORMABLE ELEMENT TO THE FORCE-DEFORMATION IN VIBRATING
CENTRIFUGAL HARDENING GEARS**

Specificity with respect hardening operation force transmission gears there is a need in an organic combination of high contact stress values deformation to enhance the strength of the contact material under conditions of considerable dynamic operating loads, ensuring a low surface roughness and the corresponding microrelief capable of minimizing the wear of side surfaces of the teeth at their mutual friction. As the findings of theoretical research vibration - centrifugal hardening gears, the energy of deformation of the material of the side surfaces of the teeth, and therefore the strength of the deformation caused by the kinetic energy of motion of the active element, and the rate of deformation is given energy input frequency obkатыvaniya active element is the oscillation frequency of the drive body, ie machined gear. The strength of the material deformation of the tooth side surface in turn, is directly related to the mass obkatnika its eccentricity and the angular frequency of the driving body. Along with the main technological parameters of the process of strengthening the power transmission gears there are a number of secondary factors, which in varying degrees, affect the quality of hardening. As a rule, they mainly affect the quality, geometry and microtopography surface finish and cause the so-called conditions of reinforcing process. These include, above all, the presence and properties of lubricant applied - cooling and surfactants, and the temperature processing mode. The influence of these factors on the quality of secondary hardening during centrifugal vibration hardening their similar manifestations in other sufficiently studied traditional reinforcement technologies. In-depth theoretical and experimental studies in this issue is an important scientific task force to improve reliability of gears. The article describes the methods of operation and handling of the pilot study to determine the effect of design parameters with hardener deforming force elements to deformation under centrifugal vibration- hardening gears.

Keywords: reliability, gear, vibration, experiment, process variables, technological parameters.

Постановка проблеми. Основним резервом підвищення надійності зубчастих коліс, особливо силових передач, залишається група оздоблювально-викінчувальних операцій, до числа яких слід віднести і обробку поверхневим пластичним деформуванням, зокрема вібраційно-відцентрову зміцнювальну обробку (ВВЗО). Саме тут криються найбільші можливості у покращенні якості, а отже, і надійності зубчастих коліс, до того ж в поєднанні із здешевленням їх виготовлення. Проведення усесторонніх теоретично-експериментальних досліджень в даному питанні є актуальною науковою задачею підвищення надійності силових зубчастих передач.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичними дослідженнями процесу вібраційно-відцентрового зміцнення зубчастих коліс, досвідом промислового використання ВВЗО та інших схожих зміцнювальних технологій окреслено коло основних технологічних параметрів динамічного зміцнювального процесу, до яких належать сила деформування, площа контакту оброблюваної поверхні із деформівними тілами, тривалість та умови здійснення зміцнювальної

©О.Д.Клименко, Е.Л.Селезньов, О.В. Шовкомуд

операції [1]. Регулювання цих параметрів в процесі здійснення зміцнювальної операції створює передумови якісного технологічного забезпечення наперед заданих фізико-механічних властивостей матеріалу зубів, спроможних вдовільнити певні конкретні умови експлуатації зубчастої передачі.

Це висуває потребу у ґрунтовному експериментальному дослідженні впливу основних технологічних параметрів процесу ВВЗО, в тому числі сили деформування, на непрямі показники надійності зубчастих коліс.

Метою дослідження є експериментальне визначення впливу конструктивних параметрів зміцнювача з деформівними елементами на силу деформування при вібраційно-відцентровому зміцненні зубчастих коліс.

Основні результати дослідження. На рис. 1 зображена схема вимірювання сили деформування на ділянці ділительного кола зміцнюваних зубів.

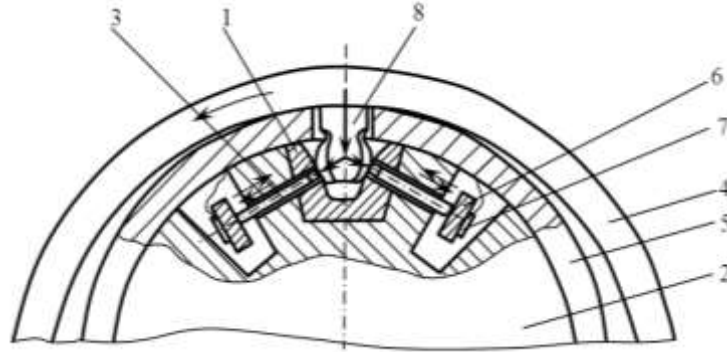


Рис. 1. Схема вимірювання сили деформування на ділянці ділительного кола в процесі ВВЗО деформівними елементами

Фрагмент зубчастого колеса 1 із завчасно просвердленим спеціальним отвором під проміжний стержень 3 фіксують в колісній матриці 2. В даному випадку проміжний стержень 3 розташований по нормалі до ділянки бокової поверхні зуба, на фрагменті якої визначається сила деформування, а тензочувлива балочка 6 розміщена паралельно твірній бокової поверхні зуба. Для проведення експериментальних досліджень використовується підпружинений деформівний елемент 8, розміщений у сепараторі 5. При набіганні на нього обкатника 4 деформівний елемент 8 переміщається в радіальному напрямку до моменту жорсткого удару із зміцнюваною боковою поверхнею зубців та розміщених на ній торців проміжних стержнів 3. Прогин тензочувливої балочки 6, що пропорційний переміщенням проміжного стержня 3 і обумовлюючої їх сили деформування фіксується у виді електричного сигналу закріпленими на балочці датчиками опору 7 або вібродавачем. Сигнали реєструються записуючою апаратурою і їх обробка дозволяє визначити реальні значення сили деформування.

Умови експерименту:

1. Зміцнювальну обробку проводили на циліндричному зубчастому колесі із кількістю зубців $Z = 27$, нормальному модулі $m_n = 5$ мм, виготовленому зі сталі 40Х.

2. Чистота бокової поверхні зубців після зубошліфування становила $R_a = 1,25 \div 2,5$ мкм.

3. Деформівні елементи виготовлено із високолегованої сталі 40ХН2МА, загартованої до твердості HRC 55÷58. Чистота деформівної ділянки поверхні деформівних елементів після шліфування і полірування становила $R_a = 0,25 \div 0,63$ мкм.

4. Для порівняння результатів обробку проводили в умовах змащування оливою „Славол” М-3042у із витратом $1 \div 1,5$ мл/с на окрему впадину зуба та без змащення.

5. Заміри сили деформування здійснювали використовуючи комплект контрольно-вимірної апаратури із вібродавачем.

6. Силу деформування вимірювали на днищі впадини зуба, в радіусному переході ніжки, на ділянках ділительного кола та на поверхні головки зуба.

Дані експериментального дослідження наведені в таблиці 1.

1. Вибір емпіричної залежності.

Емпіричну залежність вибираємо у вигляді ступеневої залежності

$$P = CM^z \varepsilon^m f^k . \quad (1)$$

2. Вигляд лінеаризованого рівняння та кодування змінних.

Після проведення лінеаризації рівняння розраховується модель вигляду

$$Y = b_0 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_2x_3 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (2)$$

Таблиця 1. Дані експериментального дослідження

№	Числові значення факторів – конструктивних параметрів зміцнювача			Значення функції відгуку – сили деформування P, Н					
	Маса обкатника M, кг	Ексцентриситет ε, мм	Частота коливаний приводу f, Гц	В радіусному переході у ніжку зуба		На ділянці ділильного кола		На поверхні головки зуба	
				Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
1	3	20	17	728	659	520	451	624	555
2	8	20	17	1942	1757	1387	1202	1665	1480
3	5,5	12,5	17	834	755	596	517	715	636
4	5,5	5	50	2887	2612	2063	1787	2475	2200
5	3	5	17	182	165	130	113	156	139
6	8	12,5	33,5	4713	4265	3367	2918	4040	3591
7	8	5	17	485	439	347	300	416	370
8	3	12,5	50	3937	3563	2813	2437	3375	3000
9	8	20	50	16800	15200	12000	10400	14400	12800
10	5,5	20	33,5	5185	4691	3703	3210	4444	3950

Рівні зміни керованих факторів, їх кодування та формули зв'язку між кодованими значеннями та дійсними їх аналогами наведені в таблиці 2.

Оптимізаційний експеримент реалізовано за насиченим тривірневим несиметричним планом. Ефективність плану за критерієм оптимальності: $e_\theta = 0,929$, $e_A = 0,844$, $e_E = 0,624$, $e_Q = 0,606$. Число дослідів за планом експериментів – $N = 10$. Максимальне значення модуля кореляції оцінок параметрів $|\rho| = 0,51$.

Таблиця 2.

Рівні зміни керованих факторів, їх кодування та формули зв'язку між кодованими значеннями та дійсними їх аналогами

Маса обкатника M, кг	lg M	X ₁	Форма зв'язку
max. 8 кг	0,903	+1	4,694·lgM – 3,239
середнє 5,5 кг	0,74	0	
min. 3 кг	0,477	-1	
Ексцентриситет обкатника ε, мм	lg ε	X ₂	Форма зв'язку
max. 20 мм	1,301	+1	3,322·lgε – 3,322
середнє 12,5 мм	1,097	0	
min. 5 мм	0,699	-1	
Частота коливаний приводу f, Гц	lg f	X ₃	Форма зв'язку
max. 50 Гц	1,699	+1	4,264·lgf – 6,245
середнє 33,5 Гц	1,525	0	
min. 17 Гц	1,23	-1	

Перетворення натуральних незалежних факторів в кодові безрозмірні змінні здійснюємо за допомогою залежності:

$$X_i = \frac{2 \cdot (\lg X'_s - \lg X'_{s \max})}{\lg X'_{s \max} - \lg X'_{s \min}} + 1,$$

де X_i – відповідні натуральні змінні.

3. Матриця плану та його реалізація (таблиця 3).

©О.Д.Клименко, Е.Л.Селезньов, О.В. Шовкомуд

4. Перевірка однорідності дисперсій.

Для перевірки однорідності дисперсій та можливості застосування стандартних процедур та критеріїв, базованих на нормальному законі розподілу масиву експериментальних даних, використано критерій Кохрена при кількості дублів в усіх точках плану $m = 2$, рівні довірчої надійності $Q = 0,95$ та ступенях вільності $f_1 = 1, f_2 = 10$. Дані перевірки зведено у таблицю 4.

Таблиця 3.

Матриця експерименту (для сили в радіусному переході в ніжку зуба)

№	M		ε		f		Результати дослідів				Y	lgY
	код	знач.	код	знач.	код	знач.	Y ₁	lgY ₁	Y ₂	lgY ₂		
1	-1	3	1	20	-1	17	728	2,862	659	2,818	693,5	2,841
2	1	8	1	20	-1	17	1942	3,288	1757	3,245	1850	3,267
3	0	5,5	0	12,5	-1	17	834	2,921	755	2,878	794,5	2,900
4	0	5,5	-1	5	1	50	2887	3,460	2613	3,417	2750	3,439
5	-1	3	-1	5	-1	17	182	2,260	165	2,217	173,5	2,239
6	1	8	0	12,5	0	33,5	4713	3,673	4265	3,629	4489	3,652
7	1	8	-1	5	-1	17	485,5	2,686	439	2,643	462,5	2,665
8	-1	3	0	12,5	1	50	3937,5	3,595	3563	3,552	3750	3,574
9	1	8	1	20	1	50	16800	4,225	15200	4,182	16000	4,204
10	0	5,5	1	20	0	33,5	5185	3,715	4691	3,671	4938	3,693

Таблиця 4.

Ступені вільності

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\sum S_i^2$	G_p	G_T
$S_i^2 \cdot 10^{-4}$	9,35	9,46	9,35	9,45	9,07	9,26	9,37	9,4	9,45	9,46	9,36	0,101	0,602

Принцип однорідності зберігається, бо $G_p < G_m$, похибка експерименту становить $S_e^2 = 9,36 \cdot 10^{-4}$.

5. Підрахунок коефіцієнтів рівняння регресії.

Коефіцієнти приведеного до вигляду (2) рівняння регресії розраховуються для планів загального типу за виразом

$$\bar{B} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot L),$$

де X – матриця плану експерименту (таблиця 2); L – матриця десяткових логарифмів середніх значень функції відгуку.

Маємо: $b_0 = 3,489$; $b_{11} = -0,05$; $b_{22} = -0,097$; $b_{33} = -0,121$; $b_1 = 0,213$; $b_2 = 0,301$; $b_3 = 0,469$; $b_{12} = 0$; $b_{13} = 0$; $b_{23} = 0$.

Вигляд рівняння регресії з врахуванням визначених значень коефіцієнтів b :

$$Y = 3,489 - 0,05X_1^2 - 0,097X_2^2 - 0,121X_3^2 + 0,213X_1 - 0,301X_2 + 0,469X_3 \quad (3)$$

6. Дисперсія коефіцієнтів моделі.

Дисперсію коефіцієнтів моделі розраховуємо за формулою

$$S^2 b_i = Q_i \cdot S_e^2,$$

де Q_i – діагональні елементи коваріаційної матриці $(X^T \cdot X)^{-1}$.

Дані обрахунку дисперсії зводимо в таблицю 5.

Таблиця 5.

Дисперсія коефіцієнтів моделі

$S^2 \{b_i\}$	$S^2 \{b_0\}$	$S^2 \{b_1\}$	$S^2 \{b_2\}$	$S^2 \{b_3\}$	$S^2 \{b_{11}\}$	$S^2 \{b_{22}\}$	$S^2 \{b_{33}\}$	$S^2 \{b_{12}\}$	$S^2 \{b_{13}\}$	$S^2 \{b_{23}\}$
Q_i	0,797	0,604	0,604	0,859	0,214	0,214	0,146	0,25	0,255	0,255
$S^2 \{b_i\} \cdot 10^{-4}$	7,45	5,71	5,65	8,12	1,94	1,98	1,37	2,35	2,41	2,41

При $\alpha = 0,05$, $f = N(m-1) = 10$, $t_T = 2,228$ половина довжини довірчого інтервалу буде $\Delta b_i = 9,9 \cdot 10^{-3}$. Коефіцієнт вважається значимим, якщо $b_i > \Delta b_i$. Значимі коефіцієнти рівняння – всі.

7. Перевірка адекватності розрахованої моделі.

Перевірку адекватності проводимо за критерієм Фішера при $\alpha = 0,05$, $f_{ад.} = N - k - 1 = 6$. Дані для перевірки адекватності зводимо в таблицю 6. У таблиці \bar{y} - значення десяткових логарифмів функції відгуку (середне); \hat{y} - значення, отримані за складеним рівнянням (3).

Розрахунковий критерій Фішера

$$F_p = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{9,36 \cdot 10^{-4}} = 0,0053 \leq F_T; F_T = 3,22.$$

Отже, наведена модель адекватно описує експеримент.

Таблиця 6.

Адекватність розрахованої моделі

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
\bar{y}	2,841	3,267	2,900	3,439	2,239	3,652	2,665	3,574	4,204	3,693	32,474
\hat{y}	2,84	3,266	2,899	3,439	2,238	3,652	2,664	3,574	4,204	3,693	32,469
$(\bar{y} - \hat{y})$	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	0	10^{-6}	0	10^{-6}	0	0	0	$5 \cdot 10^{-6}$
$(y_i - \bar{y})^2 \cdot 10^{-4}$	9,35	9,46	9,35	9,45	9,07	9,26	9,37	9,4	9,45	9,46	$9,36 \cdot 10^{-4}$

8. Визначення множинного коефіцієнта кореляції. Дані для обрахунку множинного коефіцієнта кореляції зводимо в таблицю 7.

Таблиця 7.

Дані для обрахунку множинного коефіцієнта кореляції

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
$(y_i - \bar{y})^2$	0,1652	$3,8 \cdot 10^{-4}$	0,121	0,037	1,02	0,164	0,339	0,107	0,915	0,198	3,067
$(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2$	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	0	10^{-6}	0	10^{-6}	0	0	0	$5 \cdot 10^{-6}$
$(y_{im} - \bar{y}_i)^2 \cdot 10^{-4}$	9,35	9,46	9,35	9,45	9,07	9,26	9,37	9,4	9,45	9,46	$9,36 \cdot 10^{-4}$

Множинний коефіцієнт кореляції

$$\rho = \sqrt{1 - \frac{5 \cdot 10^{-6}}{3,067}} = 0,9999.$$

Коефіцієнт множинної кореляції прямує до 1, отже, наше рівняння точно описує експеримент.

9. Кінцеве рівняння. Виведене рівняння для обрахунку сили має вигляд:

$$P = 10^Y,$$

де:

- для сили в радіусному переході у ніжку зуба:

$$Y = 3,489 - 0,05X_1^2 - 0,097X_2^2 - 0,121X_3^2 + 0,213X_1 + 0,301X_2 + 0,469X_3,$$

- для сили на ділянці ділильного кола:

$$Y = 3,335 - 0,05X_1^2 - 0,097X_2^2 - 0,121X_3^2 + 0,213X_1 + 0,301X_2 + 0,469X_3,$$

- для сили на поверхні головки зуба:

$$Y = 3,419 - 0,05X_1^2 - 0,097X_2^2 - 0,121X_3^2 + 0,213X_1 + 0,301X_2 + 0,469X_3,$$

$$X_1 = -1 + (M - 3) \cdot \frac{2}{5}; X_2 = -1 + (\varepsilon - 5) \cdot \frac{2}{15}; X_3 = -1 + (f - 17) \cdot \frac{2}{33}.$$

Значення X_i отримані з залежності:

$$X_i = -1 + (x_i - x_{i,\min}) \cdot \frac{2}{\Delta x_i}.$$

Висновки. В процесах зміцнення поверхневим пластичним деформуванням як статичної, так і динамічної дії основним параметром, що обумовлює ступінь зміцнення, товщину зміцненого шару матеріалу та його напружений стан є контактні напруження, що розвиваються в матеріалі оброблюваної поверхні деталі в момент контакту з нею деформівних елементів. Як свідчать дані експериментального дослідження вібраційно-відцентрового зміцнення зубчастих коліс енергія деформування матеріалу бокових поверхонь зубів, а відповідно і сила деформування, обумовлені кінетичною енергією руху обкатного елемента, а швидкість підведення енергії деформування задається частотою обкочування обкатного елемента, яка рівна частоті коливань привідного тіла, тобто оброблюваного зубчастого колеса.

1. Афтаназив И.С., Берник П.С., Сивак Р.И., Клименко А.Д. Вибрационно-центробежная упрочняющая обработка деталей машин. – Винница: ВДАУ, 2002. – 235 с.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2014

©О.Д.Клименко, Е.Л.Селезньов, О.В. Шовкомуд

УДК 624.21

П.М.Коваль, Я.І.Ковальчик

Національна Академія Образотворчого Мистецтва та Архітектури
ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИЩИННОСТІЙКОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПРИ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

У статті описана проблема впливу малоциклових навантажень на попередньо напружені конструкції прогонових будов мостів. Експериментально показано збільшення ширини розкриття максимальної нормальної тріщини в балкових попередньо напружених залізобетонних зразках при малоциклових навантаженнях з рівнями навантажень $\eta_{top}=0,6..0,75 P_{cr}$.

Ключові слова: попередньо напружений залізобетон, малоциклові навантаження, збільшення ширини розкриття максимальної нормальної тріщини.

Табл 3. Рис. 5.

П.Н.Коваль, Я.И.Ковальчик

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ДЕЙСТВИИ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗОК

В статье описана проблема влияния малоциклических нагрузок на предварительно напряженные конструкции пролетных строений мостов. Экспериментально показано увеличение ширины раскрытия максимальной нормальной трещины в балочных предварительно напряженных железобетонных образцах при малоцикловых нагрузках с уровнями нагрузок $\eta_{top} = 0,6..0,75 P_{cr}$.

Ключевые слова: предварительно напряженный железобетон, малоцикловые нагрузки, увеличение ширины раскрытия максимальной нормальной трещины.

P.Koval, Y.Kovalchik

RESEARCH OF PRESTRESSED CONCRETE BEAMS CRACK RESISTANCE UNDER THE
ACTION OF LOW-CYCLE LOADS

This article describes the problem of low-cycle loads influence on prestressed bridge superstructures. The object of the research was a set of four prestressed concrete beams with geometric dimensions 2100x210x100mm. Reinforced concrete beams were tested under the pure bending scheme at the age of 850-1000 days. At twin beams B-1 and B-2 breaking load P_{cr} were defined for a single static load. For a low-cycle loads research for beams B-3 and B-4 a scheme of application loads in ten cycles with maximum stress levels of 0.6 and 0.75 P_{cr} was used. Levels of loads were appointed by the highway bridges cycle load parameters that are on average $\eta_{top}=0,6..0,8$. Increase the width of the crack opening at 0.6 P_{cr} taken into account with the mean width of it disclosure in the first cycle. The width increase of the crack opening at 0.75 P_{cr} was taken into account to the mean width of it opening at a similar load on B-1 and B-2. Experimentally was shown that on average, after seven cycles of loading and unloading to 0.6 P_{cr} , maximum, width of crack opening grew by 40.67% compared to the first cycle. After load increase for B-3 and B-4 to 0.75 P_{cr} average increase disclosure of maximum crack relatively to average value of opening at 0.75 P_{cr} for beams B-1 and B-2 is 36.47%. In this case, beams received some residual strains, since the next loading to lower level the value of crack opening does not return to previous values. On the tenth cycle during the loading (0.75 P_{cr}) mean of growth of crack width is 58.83%. All beams withstood tests of base ($N=10$ cycles), then by definition of destructive force P_{cr} all collapsed in sections due to destruction of normal concrete compressed zone.

Keywords: prestressed concrete, low-cycle load, increasing of the disclosure width of the maximum normal crack.

Вступ. Згідно діючих нормативних документів з проектування мостів [1,2,3], щоб забезпечити достатню довговічність мостів необхідно враховувати роботу конструкції на протязі всього проектного терміну експлуатації для сприйняття розрахункових навантажень та забезпечення необхідної вантажопідйомності. На експлуатаційний термін конструкцій впливає фізичне зношення матеріалів конструкцій внаслідок впливу зовнішніх факторів.

Одною з найпоширеніших причин утворення дефектів в конструкціях мостів є неврахування постійного росту інтенсивності транспортних потоків та ваги транспортних засобів. Потрібно переглянути існуючий підхід до врахування в розрахунках дії навантаження високого рівня при експлуатації для забезпечення необхідного терміну їх експлуатації [4].

Постановка проблеми. Зовнішні навантаження розділяються на постійні та змінні, а останні за характером дії можуть бути монотонно-змінними та циклічними (малоцикловими, періодичність повторення яких може сягати декількох десятків, сотень, а деколи й тисяч циклів, і багатоцикловими з періодичністю повторення більше, ніж 2×10^6 циклів). Особливе місце мають малоциклові навантаження високого рівня до $0,6..0,8 P_{cr}$, які суттєво знижують несучу здатність конструкції.

©П.М.Коваль, Я.І.Ковальчик

Залізобетонні конструкції схильні до крихкого руйнування, тобто до руйнування через розповсюдження дефектів типу тріщин. Процес руйнування при цьому не відбувається миттєво – від моменту утворення тріщини і до початку її критичного зростання минає певний час. Тому своєчасне виявлення таких дефектів є важливою задачею, і, разом з тим, складною проблемою[4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження тріщиностійкості попередньо напружених елементів при малоциклових навантаженнях проводили Бабич Є.М., Панчук Ю.М., Крусь Ю.О., Валовий О.І.[5,6,7,8] та інші. При дослідженні різних балок та плит з попередньо напруженим та змішаним армуванням були отримані дані про збільшення ширини розкриття тріщин при дії малоциклових навантажень високого рівня. Результати приросту ширини розкриття тріщин за даними різних досліджень суттєво відрізняються (рис. 5). Це свідчить про необхідність проведення експериментальних досліджень для уточнення впливу малоциклових навантажень на тріщиностійкість залізобетонних попередньо напружених конструкцій.

Метою роботи було експериментальне виявлення впливу малоциклових навантажень високого рівня на ширину розкриття тріщин попередньо напружених залізобетонних балок. Для цього використали схему прикладання малоциклових навантажень використану Полюгою Р.І. [9] для балок аналогічних розмірів із звичайною арматурою.

Об'єктом досліджень була серія з чотирьох попередньо напружених залізобетонних балок. Розміри залізобетонних балок були прийняті 2100×210×100мм. Залізобетонні балки випробувались у віці 850-1000 діб за схемою чистого згину (рис. 2б). Конструкція дослідних балок і схема армування приведена на рис. 2а.

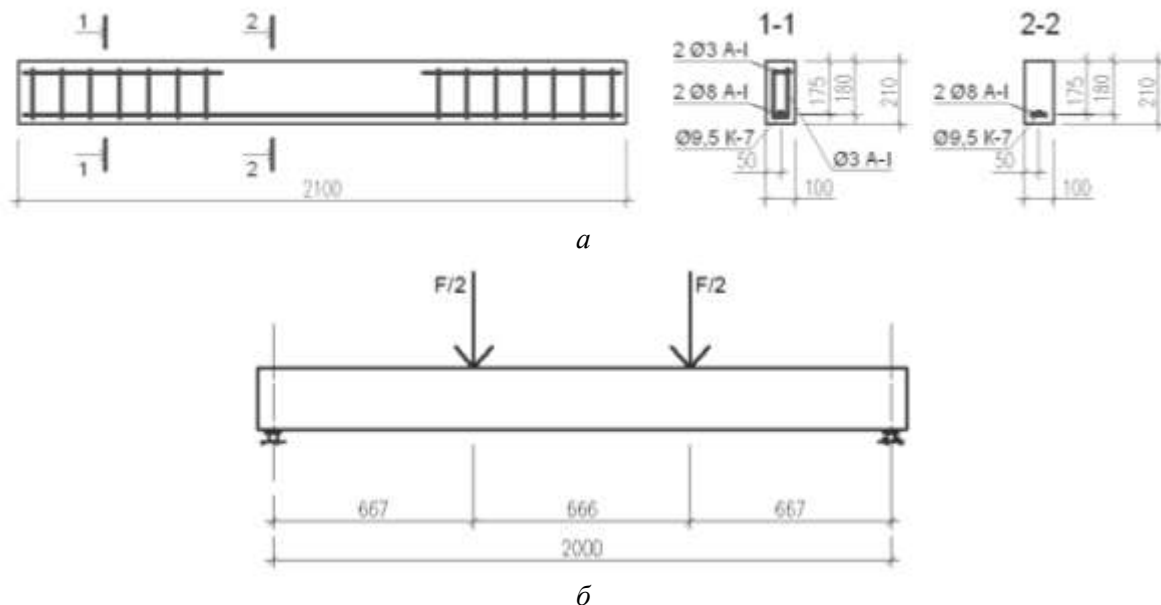


Рис. 1. а - Конструкція дослідних зразків балок, б – схема прикладання навантаження при малоциклических випробуваннях

Балки випробувались на стаціонарному силовому стенді. Навантаження через силорозподільчу траверсу передавалось на балку. Таким чином створювалась зона чистого згину, в межах якої досліджували напружено-деформований стан нормальних перерізів по висоті балки. Стенд позволяв вести візуальне спостереження за виникненням та поширенням тріщин на гранях балки. На стаціонарному стенді навантаження прикладалось десятитонним домкратом через силорозподільчу траверсу. Величина навантаження регулювалась за допомогою попередньо протарованого кільцевого динамометра. Його встановили між домкратом та опорною силовою траверсою стенду. Відліки за індикатором динамометра знімали відразу після досягнення необхідного рівня навантаження та контролювали на протязі всієї ступені. Ширину розкриття тріщин при випробуваннях визначали за допомогою мікроскопа МПБ-2 із ціною поділки 0,05 мм. Вимірювання проводили на кожній ступені навантаження з моменту появи тріщин.

Для випробування на малоциклові навантаження базою випробувань було прийнято число $N=10$ циклів (рис. 3). На балках-близнюках Б-1 і Б-2 при одноразовому статичному завантаженні були визначені значення руйнівного навантаження P_{cr} . Базовим рівнем навантаження, до якого

доводилися зразки Б-3 та Б-4, прийнято $0,6P_{cr}$. Для того, щоб моделювати довантаження конструкції до вищого рівня, після перших шести циклів з максимальним рівнем навантаження $0,6P_{cr}$, на сьомому і восьмому циклі рівень навантаження був доведений до $0,75P_{cr}$. Дев'ятий цикл був проведений з максимальним рівнем навантаження $0,6P_{cr}$, десятий – знову до $0,75P_{cr}$. Після бази випробувань балки були доведені до руйнування одноразовим прикладенням зусилля з фіксацією руйнівного навантаження. Рівні навантажень були призначені згідно параметрів циклів роботи автодорожніх мостів, які в середньому становлять $\eta_{top}=0,6...0,8$ [9]. Послідовність рівнів навантаження по циклах також визначена на основі спостережень руху великовантажних навантажень по автодорожніх мостах.

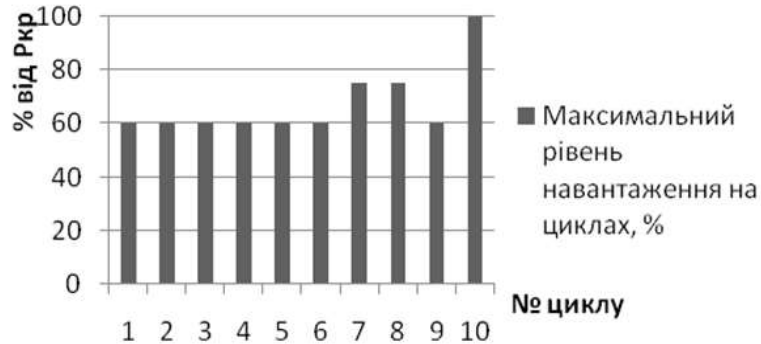


Рис. 2. Схема малоциклічних навантажень

Аналіз тріщиностійкості балок проводився наступним чином. Після кожної ступені навантаження кожного циклу замірялась ширина розкриття всіх нормальних тріщин на рівні попередньо напруженої арматури з визначенням тріщини з максимальним розкриттям (табл. 1). Теоретичне значення ширини розкриття тріщин на зазначених величинах навантаження вираховане згідно норм [1]. Після сумування заміряних значень визначалось процентне співвідношення збільшення ширини розкриття всіх тріщин балки та максимально розкритої тріщини відносно величини, отриманої на першому циклі навантаження (табл. 2). Приріст ширини розкриття тріщин при $0,6P_{cr}$ враховувався відносно ширини розкриття на першому циклі. Приріст ширини розкриття тріщин при $0,75P_{cr}$ враховувався відносно середнього значення ширини розкриття при аналогічному навантаженні на Б-1 та Б-2.

Таблиця 1

Максимальна ширина розкриття тріщин (мм) в балках

Серія балок		Розрахункова ширина розкриття максимальної тріщини при $0,6P_{cr}/0,75 P_{cr}$, мм	Цикл 1 ($0,6P_{cr}/0,75 P_{cr}$)	Цикл 7 ($0,6P_{cr}$)	Цикл 7 ($0,75P_{cr}$)	Цикл 8 ($0,75P_{cr}$)	Цикл 9 ($0,6P_{cr}$)	Цикл 10 ($0,75P_{cr}$)
Серія І	Б-1	a_{crc}^{exp} , мм	0,25/0,47	-	-	-	-	-
	Б-2	a_{crc}^{exp} , мм	0,21/0,38	-	-	-	-	-
	Б-3	a_{crc}^{exp} , мм	0,21/-	0,28	0,57	0,67	0,54	0,63
	Б-4	a_{crc}^{exp} , мм	0,25/-	0,30	0,59	0,71	0,58	0,72
	Середнє значення		-	0,23/0,425	0,29	0,58	0,69	0,56

Таблиця 2

Збільшення ширини розкриття у % всіх тріщин / максимально розкритої тріщини балок по циклах (відносно першого циклу)

Серія 1	Шифр	Збільшення ширини розкриття, %				
		Цикл 7 (0,6P _{cr})	Цикл 7 (0,75P _{cr})	Цикл 8 (0,75P _{cr})	Цикл 9 (0,6P _{cr})	Цикл 10 (0,75P _{cr})
	Б-3	31,48/33,33	102,94/ 138	118,16 / 219,05	38.14 / 157,14	126,44 / 200
	Б-4	37,42 / 48	106,44 / 96	124,93 / 184	39,83 / 132	133,12 / 188

Таблиця 3.

Збільшення ширини розкриття у % в залежності від рівня навантаження (відносно першого циклу з даним рівнем)

Серія 1	Шифр	Тріщина з макс.розкриттям		
		після 7-ми циклів з рівнем 0,6P _{cr}	після 7-ми циклів з рівнем 0,75P _{cr}	після 10-х циклів з довантаження до рівня 0,75P _{cr}
	Б-3	33,33	34,11	48,24
	Б-4	48	38,82	69,41
Сер. значення		40,67	36,47	58,83

Результати досліджень показують, що в середньому після семи циклів навантаження-розвантаження до рівня 0,6P_{cr} ширина розкриття максимально розкритої тріщини збільшилась в середньому на 40,67% у порівнянні з першим циклом (табл. 3). Після довантажень Б-3 та Б-4 до рівня 0,75P_{cr} середній приріст розкриття максимальної тріщини відносно середнього значення розкриття при 0,75P_{cr} для балок Б-1 та Б-2 становить 36,47 %. При цьому балки отримують деякі залишкові деформації, так як при наступному завантаженні до нижчого рівня величина розкриття тріщин не повертається до попередніх значень. На десятому при вантаженні (0,75P_{cr}) середнє збільшення розкриття тріщини становить 58,83%.

Згідно табл.1 величина ширини розкриття тріщин після семи циклів привантаження до 0,6P_{cr} становить в середньому 0,29мм, що більше розрахункового значення 0,27мм. А при восьмому та десятому циклі (0,75P_{cr}) – 0,69 та 0,675 мм, що перевищує розрахункове значення 0,47мм.

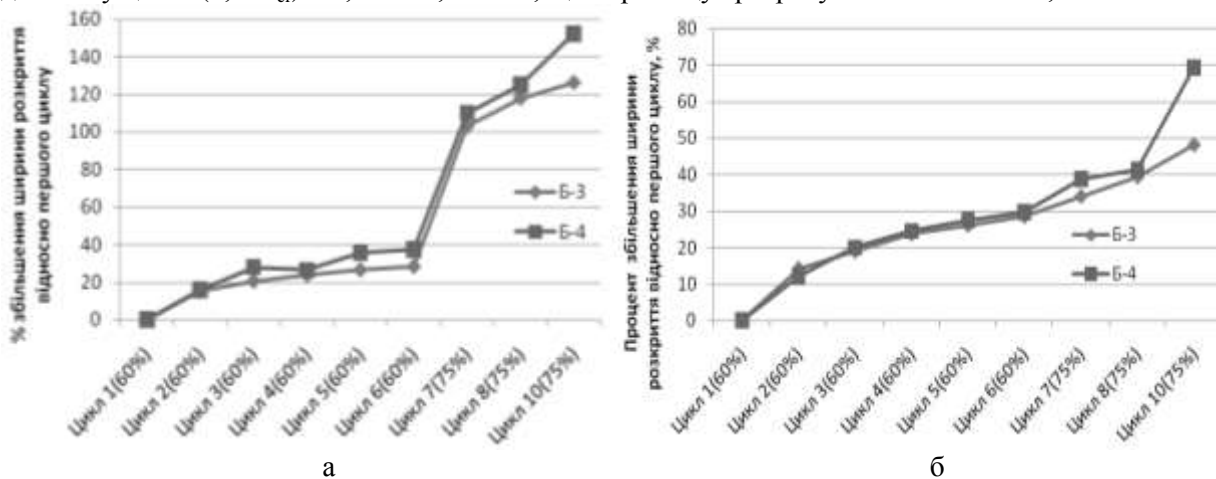


Рис. 3. Процент збільшення ширини розкриття тріщин в балках Б-3, Б-4: а – усіх тріщин балки, б - найбільшої тріщини.

На графіках на рис.4 чітко фіксується стабілізація розкриття тріщин до 7-го циклу а також подальше їх зростання при збільшенні граничного навантаження на циклі.

Слід зазначити, що всі тріщини в балці утворюються на першому циклі. При повторних завантаженнях відбувається лише їх розвиток без утворення нових. Утворення нових тріщин спостерігалось при збільшенні максимального навантаження на 7-му циклі та при монотонному

прикладанні навантаження до руйнування балок після 10-го циклу. Загалом якісна картини розвитку всіх тріщин по балках ідентична (рис. 4).

Всі балки витримали базу випробувань N , після чого при визначенні руйнівного зусилля R_{cr} всі руйнувались по нормальних перерізах внаслідок руйнування бетону стиснутої зони. Характер руйнування при малоциклових навантаженнях аналогічний характеру при одноразових навантаженнях балок цієї ж серії (рис. 5).

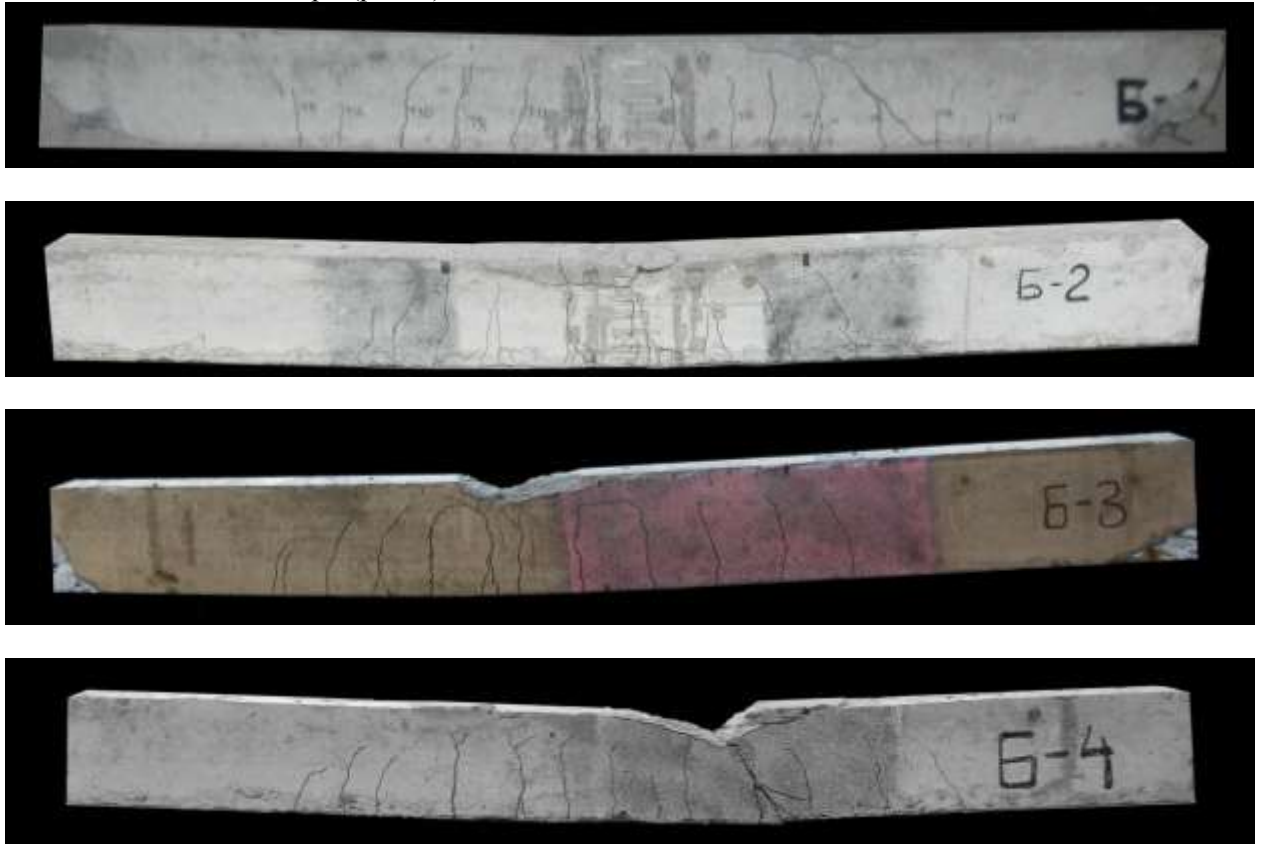


Рис. 4. Зруйновані балки

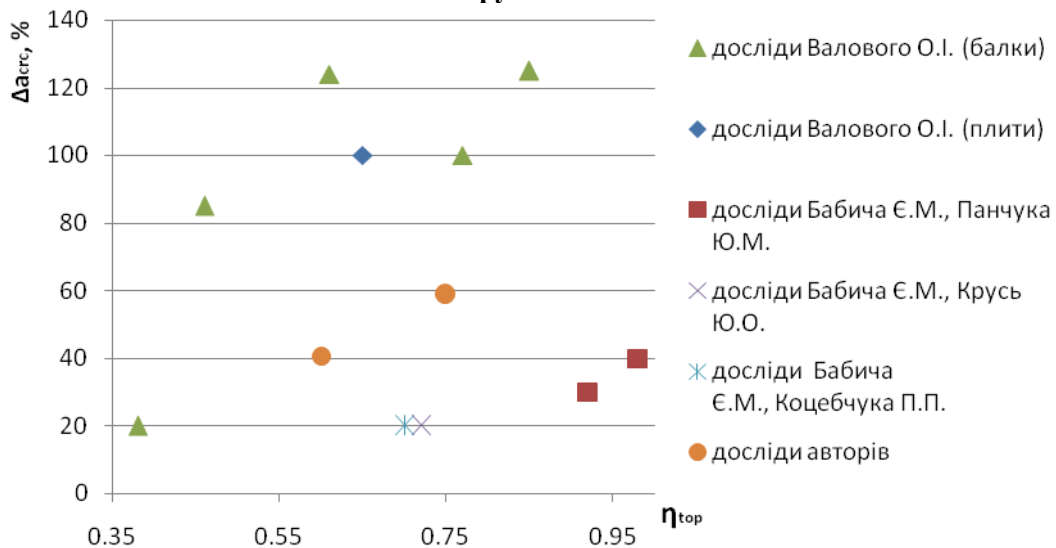


Рис. 5. Результати досліджень різними авторами збільшення ширини розкриття нормальних тріщин Δa_{crs} , % в залежності від рівня навантаження η_{top} .

На графіку рис. 5 показано експериментальні результати досліджень збільшення ширини розкриття нормальних тріщин в попередньо напружених залізобетонних елементах при малоциклових навантаженнях різних.

Висновок:

Експериментально встановлено збільшення ширини розкриття тріщин при малоцикловому випробуванні залізобетонних балок зі змішаним армуванням. При 7 циклах завантаження до рівня $0,6R_{ct}$ максимальна ширина розкриття тріщин збільшилась на 40,67%, при навантаженні до рівня $0,75 R_{ct}$ при 10 циклах, максимальна ширина розкриття збільшилась на 58,83%.

1. Державні будівельні норми України. Мости та труби. Правила проектування. (ДБН В.2.3-14:2006) – Держбуд України, 2006. – 356с.
2. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. ДБН В.1.2 – 15:2009.-56с.
3. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування.(ДБН В.2.3-22:2009) – Держбуд України, 2009. – 52с
4. В.П. Еремеев, Й. Звара, Общие проблемы эксплуатации мостов, Автомобильные дороги, №2 1984.
5. Бабич Є.М., Панчук Ю.М. Робота залізобетонних балок зі змішаним армуванням за малоциклових навантажень високих рівнів // Проблеми теорії і практики залізобетону: Зб. наук. статей: - Полтава, 1997. - С. 30-32.
6. Бабич Є.М., Ю.О. Крись, Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень. Монографія. - Рівне, видавництво РДТУ, 1999.-119с.
7. Валовой А.И. Образование и раскрытие трещин в преднапряженных элементах при повторном нагружении // Бетон и железобетон. – 1988. - №12. – с. 6-7.
8. Валовой А.И. Работа преднапряженных плит при малоцикловом нагружении // Бетон и железобетон. – 1989. - №6. – С. 10-11.
9. Полюга Р.І. Тріщиностійкість залізобетонних балочних конструкцій автодорожніх мостів в умовах мало циклових навантажень: дис.. канд. наук Полюга Роман Ігорович. – Львів, НУ «Львівська політехніка», 2006. - 160с.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014

В.М.Когут, О.З.Горбай
НУ "Львівська політехніка"
ПАСИВНА БЕЗПЕКА АВТОБУСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ СИДІНЬ

Проведено розрахунок на міцність двомісних штампованих автобусних сидінь для встановлення їх відповідності вимогам єдиним технічним приписам при їх офіційній сертифікації у складі великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів згідно Правил ЄЕК ООН №80.

Ключові слова: сидіння пасажирів, автобус, статична міцність, пластична деформація, пасивна безпека, Правила ЄЕК ООН №80, метод скінченних елементів.

Рис 5. Форм 3. Літ 10

Проведен расчет на прочность двухместных штампованных автобусных сидений для установления их соответствия требованиям единственным техническим предписаниям при их официальной сертификации в составе крупногабаритных пассажирских транспортных средств согласно Правил ЕЭК ООН № 80.

Ключевые слова: сиденье пассажира, автобус, статическая прочность, пластическая деформация, пассивная безопасность, Правила ЕЭК ООН № 80, метод конечных элементов.

The dimensional solid model of a stamped passenger double seat for large wheeled vehicles was developed. It allows to determine the integrity of their designs, the residual deformation of passenger seats after an accident, the level of stress at delayed-control points in the frame, an overall assessment of the stress-strain state of the passenger seat, base and their fasteners. It is set the dependence stresses and strains in the control points (at a height of 0.55 and 0.8 m of the base surface) on the shape of the rack of bases, tube frame assortments and type of base and their anchorages. Based on the analysis of computer models of seat frame revealed the characteristic features of the behavior of elements of base fixed down to the floor and to the body side of the bus. Performed the calculation of strength of double bus seat for establishing their compliance with uniform technical prescriptions for their official certification as part of large-sized passenger road vehicles according to ECE Regulation 80.

Key words: passenger seat, bus, static strength, plastic deformation, the passive safety, UN/ECE Regulation 80, the finite element method.

Постановка проблеми. Нормативними документами щодо пасивної безпеки перевезень пасажирів в автобусах передбачено дотримання ряду вимог. Останні зафіксовані в Правилах FMVSS - 207 [1], - 209 [2], - 210 [3], ЄЕК ООН R14 [4], R16 [5], R17 [6], R80 [7]. Згідно цих документів основним методом встановлення відповідності об'єкту досліджень чинним вимогам традиційно рахуються натурні випробування. Тому, 3D-моделювання перевірки виконання єдиних технічних приписів щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських колісних транспортних засобів (КТЗ) без руйнування експериментальних зразків є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До комплексного підтвердження міцності та пасивної безпеки пасажирських сидінь можна віднести проведення випробувань статичним методом згідно Правил ЄЕК ООН №80[1]. Розрахунок пасажирських автобусних сидінь на міцність, як правило, здійснюється методами скінченних елементів (МСЕ), причому з застосуванням складних і дорогих комплексів, таких як LS-DYNA[8] при моделюванні перекидання автобуса на бік. Моделюванню статичного методу перевірки виконання єдиних технічних приписів щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських колісних транспортних засобів (КТЗ) і офіційного затвердження цих транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень присвячені роботи [9, 10] авторів даної публікації.

Мета. Проведення методами комп'ютерного 3-D-моделювання статичних випробувань згідно Правил ЄЕК ООН 80 R для штампованих пасажирських сидінь великогабаритних КТЗ.

Результати досліджень. На відміну від розповсюджених на сьогоднішній день конструкцій сидінь, виконаних переважно з трубчастого профілю [9, 10], менш дослідженими залишаються штамповані конструкції пасажирських автобусних сидінь. Саме така штампована конструкція товщиною 2 мм, виготовлена зі Сталі 20, покладена в основу даного 3D-моделювання (рис. 1). Для зменшення ваги, послаблення каркаса й збільшення його податливості модель сидіння отримала вирізи. Останнє є дуже важливим для отримання необхідних переміщень у контрольних точках згідно вимог статичних випробувань Правил ЄЕК ООН R80 [7].

Висота Н1 прикладання навантаження Р1 складає 781 мм відносно базової поверхні, а висота Н2 прикладання навантаження Р2 – 533 мм, відповідно. Розрахуємо значення навантажень Р1 та Р2, що прикладаються до спинки сидіння паралельно до горизонтальної площини та поздовжньої осі автобуса (рис.1):

$$P_1 = \frac{1000}{N_1} \pm 50 = \frac{1000}{0,781} + 50 = 1330 \text{ Н} \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{2000}{N_2} \pm 100 = \frac{2000}{0,533} + 100 = 3852 \text{ Н} \quad (2)$$

Логічним продовженням досліджень відповідності каркаса сидіння вимогам Правил ЄЕК ООН № 80 є аналіз міцності конструкції, представленій у вигляді твердотілої моделі (*solid*-моделі), що забезпечує вищу точність розрахунку, дозволяє врахувати пластичні деформації (допускається фізична нелінійність). Основна перевага *solid*-методу полягає в можливості переходу від вузлових з'єднань стрижнів до фактичних об'ємних з'єднань труб та інших елементів конструкції, що відповідають натурним. На відміну від стрижневого (*beam*) представлення, твердотіла модель є набагато складнішою з точки зору її побудови та аналізу, що пов'язано з необхідністю, в першу чергу, розбиття моделі на СЕ різного розміру та конфігурації.

Проведено дослідження трьох варіантів виконання штампованого сидіння з наступними основами: зі стійкою (рис. 2, а), з боковим консольним закріпленням (рис. 2, б) та з додатковим поручнем, що кріпиться до каркаса даху (рис. 2, в).

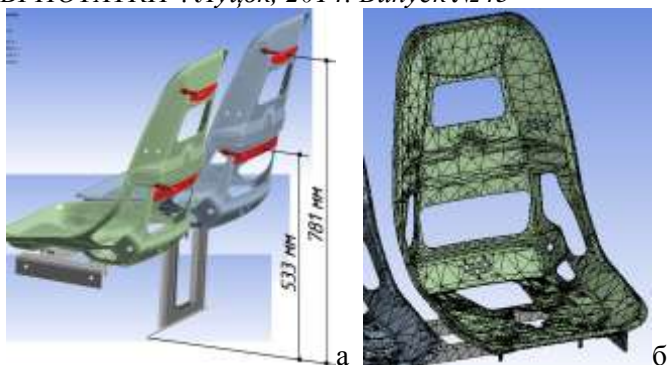


Рис. 1. Модель сидіння, виготовленого зі штампованого листа: а) – *solid*-модель; б) – МКЕ-модель



Рис. 2. Тривимірна модель сидіння з основою на стійці (а), консольною конструкцією кріплення до боковини автобуса (б), з поручнем (в)

Перший варіант виконання має вертикальну стійку, виконану з профілю товщиною 2 мм та отвір у центрі для економії матеріалу, однак цим не знижує жорсткості конструкції. Нижня частина стійки приварена до пластини товщиною 3 мм з двома отворами діаметром 10 мм під болтове з'єднання. У моделі імітовано зварне з'єднання даної пластини, що виконує роль фланця кріплення основи до каркаса колісної арки автобуса та стійки (рис. 2, а).

Другий варіант є актуальним для низькопідлогових машин типу *Low-entry* та *Low-floor* дозволяючи зручне виконання прибирання підлоги автобуса. Його основа не кріпиться стійками до підлоги, проте консольно зав'язана з боковиною автобуса через дві підпорні круглі труби 20x2 мм (рис. 2, б). Дані труби приварені до сталевій пластині 265x50x3 мм з двома отворами під болтове з'єднання 10 мм, а фланці кріпляться до боковини сидіння на рівні висоти 200 мм.

Виходячи з того, що варіант б) характеризується вищою податливістю, у порівнянні з «класичним» варіантом а), зі стійкою кріплення до підлоги, у якого набагато менша відстань між опорами кріплення, а значить, суттєво більший момент дії від сил, доцільно посилити його введенням додаткового поручня кріплення до стелі (рис. 2, в). Доцільно також звернути увагу, що часто мо-

жна зустріти варіант конструкції із поручнем, що кріпиться до каркаса одного з сидінь. Таким чином, в результаті навантажень згідно Правил ЄЕК ООН №80, отримано різні значення переміщень спинки правого та лівого сидінь, а отже і величини поглинутої енергії.

Всі розглянуті моделі відносяться до типу *solid*-моделей (твердотілих) та створені у CAD/CAE-програмному середовищі з наступним імпортом у програмний комплекс для МСЕ-аналізу. Умовно послідовність дій МСЕ-аналізу можна представити у вигляді алгоритмічної структури (рис. 3).

У загальному випадку в кожному вузлі є 6 ступенів вільності (3 лінійних переміщення і три кути повороту), але для конкретного завдання окремі ступені вільності можуть виявитися непотрібними. Наприклад, у процесі розв'язку задачі про деформування плоскої п'яти кріплення основи сидіння, навантаженої силами у площині, можна відмовитися від базисних функцій, що описують переміщення площини п'яти, оскільки ці переміщення дорівнюють нулю.

Опис типу включає топологію елемента (плаский трикутник, плаский чотирикутник, багатокутник з криволінійними сторонами, об'ємний елемент – тетраедр, шестигранник тощо). Для них використовуємо базисні функції (чотирикутник із 6 ступенями свободи у вузлі; чотирикутник з 2 — ступенями свободи у вузлі, тощо) і формули для розрахунку пружної енергії. Результатом розв'язку системи рівнянь МСЕ методом переміщень будуть компоненти вузлових переміщень дискретної конструкції пасажирського сидіння. У свою чергу, розрахунок необхідних компонентів напруженого стану виконується поелементно (для кожного СЕ) у наступному порядку:

- формується вектор вузлових переміщень (за допомогою вибірки з глобального вектора вузлових переміщень відповідних компонент);
- якщо локальна система координат не співпадає з глобальною, виконується перетворення вектора вузлових переміщень q^e даного елемента;
- на базі фізичних та геометричних співвідношень формується матриця навантажень/напружень для даного кінцевого елемента – G ;
- розраховується вектор вузлових значень внутрішніх навантажень/напружень для обраного кінцевого елемента – S^e , який залежить від вузлових переміщень за виразом

$$S^e = q^e G. \quad (3)$$

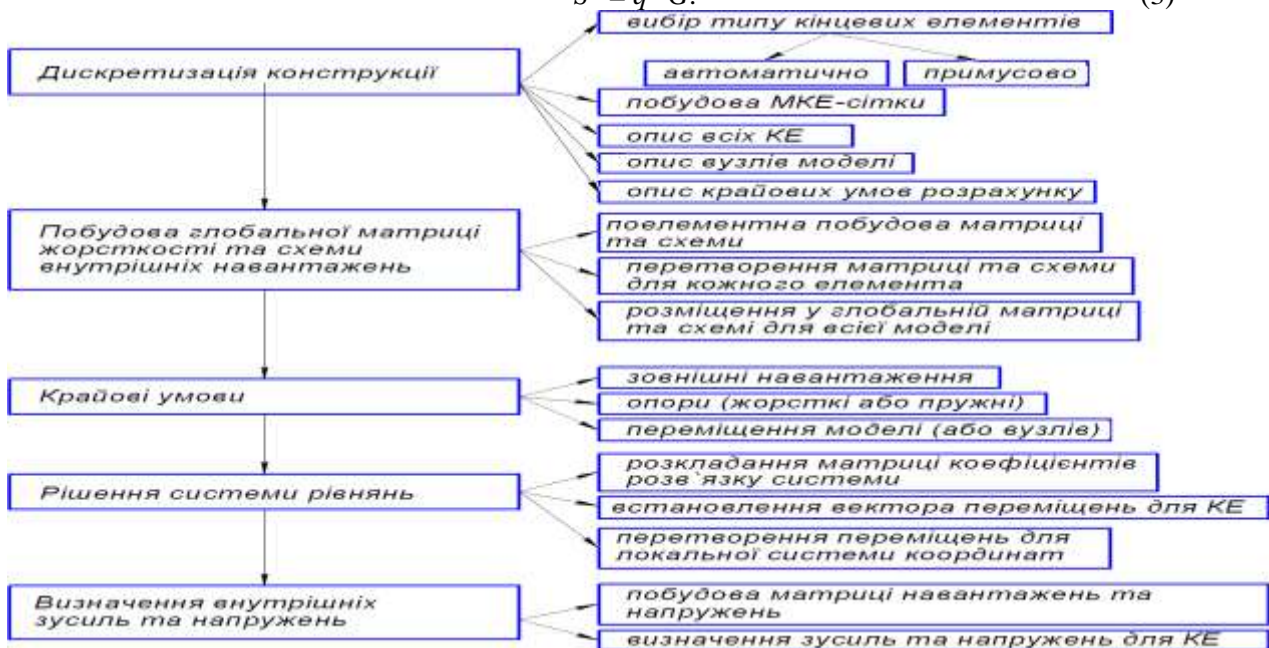


Рис. 3.Схема алгоритму МСЕ-аналізу напружено-деформованого стану пасажирського сидіння автобуса

Розглянемо послідовно властивості складових досліджуваних моделей, починаючи з характеристик матеріалу. Для кожної з моделей сидінь в основу розрахункової моделі взято характеристики з МСЕ-середовища *Ansys* в оригінальному вигляді.

Structural Steel NL > Constants

Density	7,85e-006
Specific Heat	4,34e+005

Structural Steel NL > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
22	2,e+005	0,3	1,6667e+005	76923

Structural Steel NL > Bilinear Isotropic Hardening

Yield Strength MPa	Tangent Modulus MPa	Temperature C
250	1450	22

Безфрикційне (*Frictionless*) закріплення передбачає можливість переміщення стійок основи в горизонтальній площині, проте обмежує її проникнення у площину. Цим імітується стан рівноваги сидіння, ніби воно незакріплене стоїть на поверхні, тертям з котрою нехтуємо. Для фіксації положення основи грані отворів болтових з'єднань жорстко закріплені в моделі типом в'язей *Fixed*. Розглянемо детальніше області закріплення усіх трьох моделей:

- кріпильні отвори під болтові з'єднання моделі зі стійкою мають в'язі типу *Fixed Support*; вона ж зафіксована безфрикційним (*Frictionless*) закріпленням у фланцях стійки, що кріпиться до підлоги, та боковини;

- модель сидіння з консольним кріпленням до боковини автобуса має в'язі *Frictionless Support* на поверхнях двох фланців та *Fixed Support* в отворах болтових з'єднань;

- консольна модель з додатковим поручнем має аналогічні в'язі, проте за допомогою операції *Fixed Support* додатково защемлена за верхню частину поручня.

Загалом модель основи зі стійкою складається з 19 складових елементів. Її вага становить 15,1 кг. Кількість кінцевих елементів МСЕ-моделі наближається 40000, а кількість вузлів – 85376. З результатів розрахунків бачимо, що будучи абсолютно однаковими між собою, ліве та праве сидіння розбиті на різну кількість СЕ: ліве складається з 16160 елементів, що сполучені 33265 вузлами, а праве – з 16189 елементів з 33309 вузлами. Аналогічна ситуація простежується й для абсолютно однакових болтів М8 кріплення основи. Пояснень тут може бути декілька: по-перше, алгоритм розбиття *Ansys Workbench* формує СЕ сітку кожен раз індивідуально (пристосування до складених умов розрахунку), і може починатися, наприклад, не з області кріплення сидіння, а з його верхньої частини, проявляючи при цьому ознаки штучної нейронної мережі; по-друге, основа, до якої кріпляться сидіння, не є симетричною (різний ступінь деталізації в різних її областях).

Модель сидіння з консольним кріпленням складається з 19 складових елементів і є важчою на 0,6 кг. Кількість СЕ у МСЕ-моделі збільшилося до 42699, а кількість відповідних їм вузлів майже на 5000 шт.

Всім елементам, які входять до складу зборки моделі сидіння, задано нелінійні характеристики матеріалу, включно з фізичною нелінійністю матеріалу (*Nonlinear Effects = Yes*). Для прикладу, один з болтів М8 складається з 198 елементів та 408 вузлів, а відповідна йому гайка – з 66 елементів та 473 вузлів. Параметр чутливості до контактної взаємодії, який у середовищі *Ansys Workbench* встановлюється автоматично складає 3,4712 мм (*Tolerance Value*). Загалом модель є складнішою відносно зразка зі стійкою, та вимагає більш детального розбиття на СЕ: ступінь деталізації при розбитті визначається параметром *Relevance*, який для досліджуваної моделі прийнято рівним 0,35. (У рамках функціоналу ПЗ *Ansys Workbench* максимальне значення для *Relevance* - 100). Порівняно з варіантом а), і незважаючи на відсутність стійки кріплення до підлоги, габаритна висота моделі (*Length Y*) зросла з 791,09 мм до 1184 мм). Різниця у габаритних висотах викликана наявністю високого поручня, що кріпиться до системи поручнів даху салону. Порівняно з варіантом б) кількість СЕ зросла на 7 %, а кількість вузлів – на 7,5 % відповідно.

Маса моделі з поручнем становить 16,6 кг, а кількість складових елементів зборки зросла лише на одиницю. Дані по МСЕ-сітці поручня: кількість СЕ поручня складає 3792, а вузлів – 7426. Його габаритна висота склала 971,5 мм, а маса всього - 0,9 кг.

У рамках комп'ютерної імітації натурних випробувань каркаса сидіння визначено також поведінку складових елементів з відповідними парами тертя сталь-сталь. Для пар сталь-сталь коефіцієнт тертя закладено рівним 0,2, що відповідає типовому значенню у стані спокою. Крім болтових з'єднань, всі контактні пари мають коефіцієнт тертя $Frictional = 0,2$. Жорсткий тип *Bonded* (нерухоме сполучення) передбачає болтове з'єднання, наприклад, *Bonded – M8 bolt To gайka*.

Необхідно зауважити, що є хибним твердження про прямопропорційність росту значення *Relevance* у точності розрахунку. У налаштуваннях розбиття на СЕ встановлено параметр *Relevance Center*, рівним *Fine*, що означає покращену деталізацію розбиття у вершинах моделі та складних переходах (болтові з'єднання, тощо). Мінімальне значення довжини ребра кінцевого елемента склало $5,8838e-004$ мм.

Спершу проаналізуємо значення напружень базової моделі зі стійкою. Для неї максимальне значення склало 431,74 МПа та зафіксовано воно у гайці болтового з'єднання лівого кронштейну кріплення за ходом руху сидіння до основи у передній його частині. Максимальні напруження у болті в той же час склали 199,43 МПа, а у кронштейні основи, до якої кріпиться каркас сидіння за допомогою даного болтового з'єднання, значення склало порядку 240 МПа. Складові елементи демонструють досягнення максимальних напружень у різний час (рис. 4).

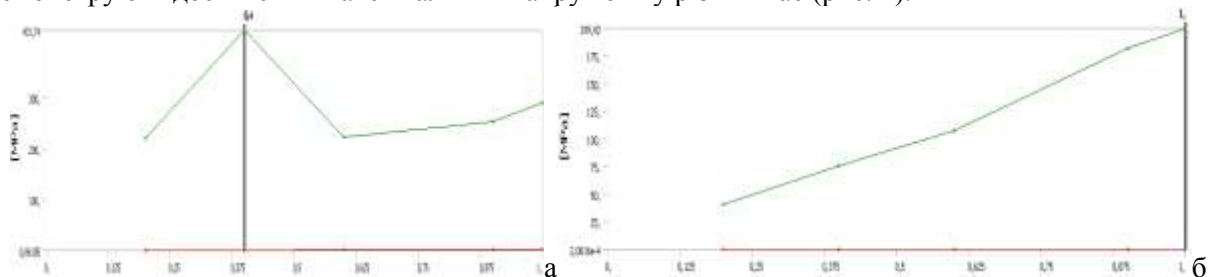


Рис. 4. Графіки напружень у залежності від кроків навантаження: а) – гайка; б) – болт

Розглянемо напружено-деформований стан конструкції на етапі повного поглинання енергії удару. Максимальне значення напружень, рівне 374,74 МПа, зафіксоване у каркасі правого за ходом руху автобуса сидіння, в області його згину, що є очікуваним, адже через дану область проходять найбільші моменти згину. Значення напружень у стійці коливаються від 5 МПа у фланці зі зростанням до 45 МПа у болтових з'єднаннях та до 270 МПа у стійці (рис.5). (Конструктивно ніжка сидіння являє собою зварну конструкцію, що складається зі штампованого листа товщиною 2 мм та плоского фланця кріплення до підлоги товщиною 3 мм).

Разом з основою сидіння (зварна ферма з квадратних труб), стійкою та фланцем, що розрахований на кріплення до кронштейна арки сидіння, формують єдину нерозривну конструкцію, яка в результаті випробувань продемонструвала максимальне значення напружень, рівне 339,81 МПа, що зафіксовано у кронштейні кріплення правого сидіння.

Варіант виконання основи сидіння, розрахований для встановлення на назькопідлогових автобусах типу *Low-entry*, *Low-floor* має одностороннє кріплення до боковини автобуса, а отже, теоретично має гіршу рівномірність порівняно з попередньою конструкцією. Максимальне значення напружень, зафіксоване в процесі навантаження, склало 434,33 МПа. Воно відповідає області контакту передньої гайки з каркасом лівого сидіння. Така ситуація з виявленням максимальних напружень конструкції, що припадають на дану гайку, цілком співпадає з попереднім випадком. У обох випадках гайка витримає реакції, що передаються на неї від болта, зберігаючи цілісність конструкції. Максимальне значення напружень становить 390,02 МПа, що на 3-5 % більше порівняно з попереднім варіантом виконання. Дане значення відповідає області кріплення лівого за ходом руху автобуса сидіння, що є протилежним до моделі сидіння зі стійкою (праве сидіння було більш навантаженим). Протилежна ситуація зі значенням максимальних напружень виникає в основі сидіння 305,81 МПа проти 339,81 МПа в попередньому варіанті (зі стійкою), хоча область, де зафіксований екстремум напружень збігається з тим самим кронштейном кріплення сидіння. Таким чином, даний кронштейн знаходиться у «легших» умовах у складі консольної конструкції, порівняно з попереднім варіантом виконання. Незважаючи на те, що абсолютне значення напружень у консольному варіанті конструкції є нижчим, проте середня величина напружень в основі на 30-35 % вище: 270-300 МПа у трубах (25x2 мм) проти 220-250 МПа у варіанті, що передбачає стійку.

Загалом можемо судити, що консольна конструкція з точки зору напружень за Мізесом має достатній запас міцності, проте значна частина складових елементів знаходиться за межами течучості матеріалу виготовлення (Сталь 20 – 250 МПа). Така ситуація спостерігається в першу чергу в основі сидіння, яка виконує несучу функцію, що в результаті може відбитися на зростанні переміщень при нормативному навантаженні за Правилами ЄЕК ООН R80.

Для третього варіанту основи з консольним кріпленням і додатковим поручень картою напружень виявлено зниження величини напружень на 5 %. Максимальне значення відповідає зоні згину лівого сидіння. Загалом можемо судити про відносну рівномірність конструкції сидіння разом з додатковим поручнем: коливання величини напружень складає 30-40 % між складовими моделі, тобто немає перенавантажених елементів або таких, що мають надлишковий запас міцності.

Незважаючи на те, що основа сидіння продемонструвала максимальне значення напружень на 5 МПа більше, ніж у попередньому варіанті виконання, середнє значення напружень у круглих трубах 20x2 мм на 15-20 % є нижчим за рахунок перерозподілу напружень.

Висновки. В результаті проведеного МСЕ-розрахунку на міцність всі представлені варіанти виконання штампованих сидінь відповідають вимогам Правил ЄЕК ООН R80. Однакові каркаси сидінь достатньо якісно проявили себе на конструктивно відмінних основах, тому можуть вважатися в певній мірі «універсальними» та встановлюватися не тільки на автобусах типу «комбі» та «класичної» компоновки, але й на сучасних низькопідлогових машинах.

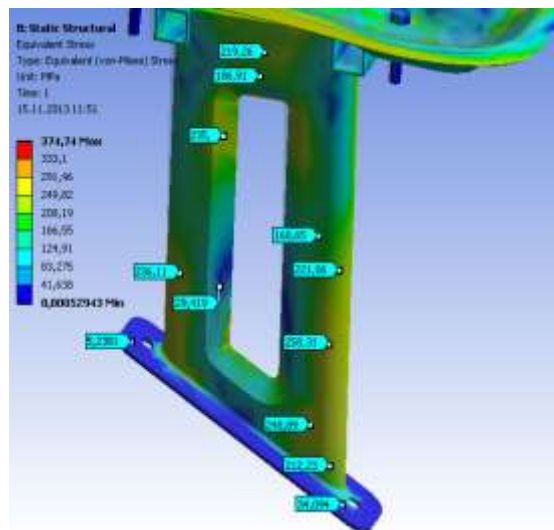


Рис. 5. Карта напружень стійки

Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОВАТКИ". Луцьк, 2014. Випуск №45

1. FMVSS 207 - Seating Systems. U.S. Department of transportation. - Effective 1-1-72. - 46 p.
2. FMVSS 209 - Seat Belt Assemblies. U.S. Department of transportation. - Effective 3-1-67. - 19 p.
3. FMVSS 210 - Seat Belt Assembly Anchorages. U.S. Department of transportation. Effective 7-1-71. - 7 p.
4. ДСТУ UN/ECE R14-03-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження ДТЗ стосовно пристроїв для кріплення ременів безпеки. – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 50 с.
5. ДСТУ UN/ECE R16-04-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження: I. Ременів безпеки та утримувальних систем для водіїв і пасажирів дорожніх транспортних засобів II. Дорожніх транспортних засобів, оснащених ременями безпеки (Правила ЕЭК ООН № 16-04:2000, IDT) – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 151 с.
6. ДСТУ UN/ECE R 17-07:2004 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно сидінь, їхніх кріплень та підголівників (UN/ECE R 17-07:2003, IDT) – Введ. 2006–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 40 с.
7. ДСТУ UN/ECE R 80-00:2002/Зміна № 1:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їхніх кріплень ((UN/ECE R 80-00:1989/ Corr.1:20007), IDT). – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 44 с.
8. Elitok K. An investigation on the rollover crashworthiness of an intercity coach, influence of seat structure and passenger weight / Elitok K., Dr. Guler M. A., Bayram B., Stelzmann U. // 9th International LS-DYNA Users Conference. – USA, MI, Dearborn, 2006. – 18 p.
9. Когут В.М. Моделювання статичних випробувань пасажирських сидінь автобусів на відповідність правилам №80 ЄЕК ООН Systemy I Srodki transportu samochodowego №4. Seria: Transport. Politechnika Rzeszowska. Rzeszow 2013. - P. 55-74.
10. Когут В.М. Перевірка міцності пасажирських сидінь при офіційному затвердженні великогабаритних пасажирських автобусів/ В.М Когут., О.З. Горбай, І.С.Керницький // Збірник наукових праць СевНТУ. Серія: Машино-приладобудування та транспорт. -2013. Випуск 142. – С. 218 - 223.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

УДК 625.725

Р.О.Корольков

**Донецька академія автомобільного транспорту
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ НАСИПІВ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ, АРМОВАНИХ ГЕОСИНТЕТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

За останні роки армогрунтові конструкції із застосуванням геосинтетичних матеріалів набули широкого розповсюдження у всіх країнах світу. Забезпечення експлуатаційної надійності насипів за допомогою застосування геосинтетичних матеріалів є актуальною задачею. Як свідчить практика, існують випадки руйнування армогрунтових конструкцій. Досягти високого рівня експлуатаційної надійності армованих насипів можливо при врахуванні взаємної роботи геоматеріалу та ґрунту насипу.

Ключові слова: геосинтетичні матеріали, експлуатаційна надійність, армовані насипи, ґрунт насипу.

Рис 2. Форм 2. Літ 10.

Р.А.Корольков

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НАСЫПЕЙ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, АРМИРОВАННЫХ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ
МАТЕРИАЛАМИ**

В последние годы армогрунтовые конструкции с использованием геосинтетических материалов нашли широкое распространение во всех странах мира. Обеспечение эксплуатационной надежности насыпей, за счет применения геосинтетических материалов, является актуальной задачей. Как свидетельствует практика, имеют место случаи разрушения армогрунтовых конструкций. Достигнуть высокого уровня эксплуатационной надежности армированных насыпей возможно при учете характера взаимной работы геоматериала и грунта насыпи.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, эксплуатационная надежность, армированные насыпи, грунт насыпи.

R.Korolkov

**PROVIDING OF OPERATING RELIABILITY OF EMBANKMENTS OF HIGHWAYS,
REINFORCED GEOSYNTHETICAL MATERIALS**

The thesis is devoted to the design method development of the highway embankment slopes reinforced by geosynthetical materials taking into account the deflected mode change of their construction.

At the present stage one of the promising trends of the construction period reduction, structure strength provision, and built-on areas reduction is soil constructions reinforced by geosynthetical materials.

In the course of study a mathematical model of the roadbed deflected mode taking into account the changes in the construction of highway embankments is developed. New calculating dependences for the required quantity of the reinforced geosynthetical layers calculation and the length determination of the geosynthetical laying in the embankment taking into account the changes of its deflected mode are obtained.

Laboratory research of the soil interaction with geosynthetical layer is carried out. During the research the factor of the soil interaction with geosynthetical materials (geotextiles and geogrids) is obtained. At the soil slippage: for geotextile and loam is 0,75, sand – 0,90; for geogrids and loam is 0,82, sand – 0,91. At the geosynthetic pulling from the embankment body: for geotextile and loam is 0,57, sand – 0,71; for geogrids and loam is 0,73, sand – 0,81.

The design method and design procedure of the required reinforcement for embankment slopes regulation taking into account the changes of their deflected mode are developed. The technique allows to reason engineering decisions on the reinforcement of the highway embankment slopes avoiding laborious calculation on the circular cylindrical sliding surface method. This technique also allows to take into consideration the changes of forces acting on the geosynthetical layer in connection with the staging of the embankment construction.

Key words: highway, slope, geosynthetical materials, reinforcement.

Постановка проблеми. У дорожній галузі основними ґрунтовими спорудами є насипи. Першочергове значення при їх влаштуванні має стійкість таких споруд, особливо, їх укосів. На автомобільних дорогах загального користування України, найбільша кількість насипів розташована на дорогах II категорії в діапазоні висот від 6 м до 10 м. Як показує аналіз стану цих насипів, середній відсоток деформацій на них становить 31,1 %. Основний вид деформацій (понад 70 %) це деформації узбіч, розмиви і зсуви укосів насипів. Тому забезпечення стійкості укосів насипів за допомогою застосування геосинтетичних матеріалів є актуальною задачею.

Як свідчить практика, існують випадки руйнування армогрунтових конструкцій. Це пов'язано з недостатнім вивченням процесів взаємодії ґрунту насипу та армуючого прошарку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення властивостей геосинтетичних матеріалів і їх взаємодії з армуючим середовищем і сьогодні є актуальною темою, незважаючи на велику кількість досліджень вчених різних країн.

©Р.О.Корольков

Останніми науковими роботами в області армування ґрунтових масивів в Україні є у 2004 році дисертації О.Ю. Усиченко і Р.К. Ковальського, у 2005 році монографія О.А. Рубана і у 2006 році дисертація А.В. Федорука.

Робота Р.К. Ковальського [4] присвячена армуванню основ споруд, тому не стосується нашої тематики. Робота О.А. Рубана [7] є досить цікавою, але питання більше присвячені стійкості насипам залізничних доріг із їх специфікою та передумовою розрахунків є деформована основа.

Усиченко О.Ю. у своїй роботі [9] розробила метод розрахунку внутрішньої стійкості підпірних конструкцій різних типів, армованих геосинтетиками. Обґрунтувала та розробила методику визначення розтягуючого зусилля в геосинтетичному армуванні при двох моделях роботи армоґрунтової підпірної стінки з урахуванням додаткового навантаження на поверхні ґрунтової засипки та методику визначення довжини закладення прошарку в нерухому частину ґрунтового масиву і довжини закладення геосинтетичних обойм.

Робота є досить змістовною, але стосується підпірних стін з врахуванням специфіки їх роботи і не враховує технологічних особливостей спорудження армованого насипу.

Однією з останніх наукових робіт, що присвячені застосуванню геосинтетичних матеріалів при армуванні укосів насипів, а також у якій зроблена спроба врахування технологічних параметрів є робота Федорука А.В. [10].

У роботі на моделях в лабораторних умовах отримані наступні залежності:

– впливу параметрів армування укосів геотекстилем Турар SF на величину навантаження, що відповідає втраті стійкості укосу;

– впливу параметрів армування укосу геотекстилем «Руно» на навантаження, що відповідає втраті стійкості укосу.

У якості технологічних факторів розглядалися: довжина заведення геоматеріалу за криву ковзання, висота армованого шару і кількість армованих шарів.

На нашу думку, виконані дослідження мають інтерес тільки для попередніх розрахунків, оскільки в одному із висновків по роботі зазначено: "Встановлено можливість збільшення показників стійкості укосів у розглянутих межах зміни технологічних параметрів:

– в 1,08-1,94 рази при зміні довжини заведення армуючого полотна за криву ковзання від 0 до 200 мм;

– в 1,005-1,92 рази при зміні вертикального кроку армування від 70 мм до 50 мм;

– в 1,08-2,06 рази при зміні кількості армованих шарів від 5 до 1" [10].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. На теперішній час не розроблено інженерний метод, який би дозволив розраховувати армування укосів насипів автомобільних доріг з врахуванням особливості технології їх спорудження та характеру взаємодії армуючого прошарку з ґрунтом насипу, в залежності від виду геоматеріалу.

Основна частина. На сучасному етапі багато питань стійкості ґрунтових споруд прийнято вирішувати за допомогою використання армування. У міжнародній та вітчизняній практиці дорожнього і цивільного будівництва широко використовують геосинтетичні матеріали. Дані споруди, що поєднують ґрунтове середовище і армуючий елемент, можна віднести до композитних систем або ґрунтових композитів (тобто ґрунтової матриці із заданим розподілом в ній арматури (армуючих прошарків із геосинтетичного матеріалу) при якому ефективно використовуються індивідуальні властивості складових композицій).

Геосинтетик (*geosynthetic*) – загальний термін, що характеризує матеріал, хоча б один з компонентів якого виготовлений з синтетичного або натурального полімеру у вигляді полотна, смужки або тримірної структури, що використовується в контакт з ґрунтом та (або) іншими матеріалами, який використовують у геотехнічних і цивільних будівельних спорудах [8].

Поверхня ковзання поділяє насип на активну (та, що зсувається) та пасивну (стійку) зони. Аналіз механізму взаємодії геосинтетичного прошарку із ґрунтом насипу дозволив виділити основні види втрати стійкості армованих укосів насипів (рис. 1).

При вивченні характеру взаємодії армуючого прошарку з ґрунтом насипу, розглядається внутрішня втрата стійкості армованих укосів насипу:

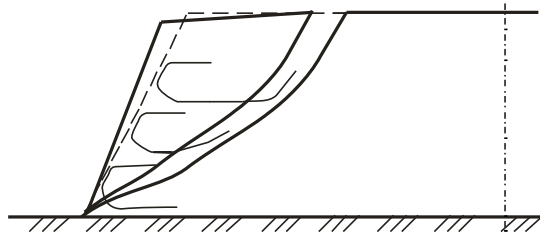
- висмикування арматури із пасивної (стійкої) зони насипу;

- розрив армуючого геосинтетичного матеріалу;
- проковзування ґрунту над (під) або між армуючими елементами в активній зоні насипу.

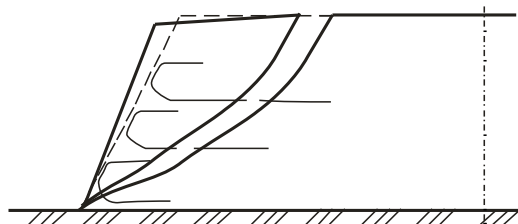
Перший вид руйнування передбачає розрахунок достатньої довжини закладання геосинтетичного прошарку в насип.

Другий вид руйнування передбачає вибір матеріалу геосинтетичного прошарку достатньої міцності (згідно із розрахунком).

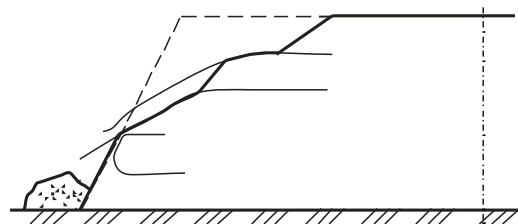
Третій вид руйнування передбачає розрахунок достатньої кількості геосинтетичних прошарків.



а) висмикування арматури із пасивної (стійкої) зони насипу



б) розрив армуючого геосинтетичного матеріалу



в) проковзування ґрунту над (під) або між армуючими елементами в активній зоні насипу

Рис. 1. Втрати внутрішньої стійкості армованих укосів насипу

Втрату стійкості армованого насипу внаслідок порушення зчеплення геосинтетичного прошарку з ґрунтом насипу складніше спрогнозувати і попередити, чим порушення стійкості споруди внаслідок недостатньої міцності армуючого геоматеріалу.

Робота армуючих прошарків у ґрунті залежить від виду ґрунту, типу армуючого матеріалу, способу спорудження конструкції. Армуюча функція геосинтетичних прошарків обумовлена їх здатністю поліпшувати умови роботи ґрунту на зсув завдяки сприйняттю ними розтягуючих зусиль, тертю прошарку об ґрунт і зміни напруженого стану в ґрунтовому масиві. Необхідною умовою успішного виконання цієї задачі є забезпечення закладення прошарку, тобто защемлення його в ґрунті. Питання про надійність закладення прошарку, величини зони, у межах якої можливе подовження і проковзування геотекстилю, є одним з основних у випадку використання геосинтетичних прошарків у конструкціях армованих укосів. З іншого боку, при проектуванні технології зведення високих насипів, армованих синтетичними матеріалами, важливе питання товщини ґрунтових шарів, що відсипаються, тому що характер деформування прошарку в ґрунті залежить від багатьох факторів, у тому числі і від вертикального навантаження, частину якого складає вага ґрунтових шарів.

Встановлено, що деформація армуючого прошарку при його розтяганні в ґрунтовому масиві відбувається в межах так названої «зони тертя», довжина якої збільшується в міру зростання прикладеного до прошарку зусилля чи розтягання висмикування, тобто збільшується робоча площа армуючого прошарку, закладеного в ґрунт.

Довжина зони тертя, як і характер деформування прошарку в ґрунті, залежить від ряду факторів, у тому числі від виду ґрунту, що оточує прошарок, вертикального навантаження.

©Р.О.Корольков

Можливість використання того чи іншого армуючого синтетичного матеріалу знаходиться в прямій залежності від його міцнісних і деформативних властивостей (модуль деформації і розривне зусилля).

При визначенні реальної довжини закладення армуючих прошарків необхідно враховувати, що міцність геосинтетика може бути вичерпана тільки при його деформації, близькій до розривної. Якщо ж ця деформація дуже велика, то насип втратить стійкість до включення в роботу армуючого прошарку, тобто в розрахунок можна приймати тільки частину розривного зусилля, що відповідає граничній деформації споруди. Найбільш невизначеною ланкою у системі "грунт – геосинтетичний матеріал" є як раз механізм взаємодії між собою ґрунту і геосинтетика. Із літературних джерел [1, 2, 3, 8] відомо, що цю взаємодію характеризують фактором (коефіцієнтом) взаємодії ґрунту із геосинтетичним матеріалом.

Автором виконані лабораторні дослідження за такими напрямками:

а) визначення коефіцієнта взаємодії ґрунту з геосинтетичним матеріалом при проковзуванні ґрунту по геосинтетику (f_{ds});

б) визначення коефіцієнта взаємодії ґрунту з геосинтетичним матеріалом при висмикуванні геосинтетика з тіла насипу (f_{ds-e}).

Дослідження проковзування ґрунту по геосинтетику було виконано базуючись на стандартний метод одноплосинного зрізу для визначення характеристик міцності і деформативності ґрунтів згідно з [5, 6], а саме, визначення кута внутрішнього тертя. Тільки у нашому випадку це буде кут тертя ґрунту по геосинтетичному прошарку. Цю характеристику визначали за результатами випробувань зразків ґрунту і геосинтетика на приладі з фіксованою площиною зрізу шляхом зсування однієї частини зразка (короб із ґрунтом) відносно іншої його частини (прошарок геосинтетичного матеріалу) дотичним навантаженням при одночасному навантажуванні зразка навантаженням, нормальним до площини зрізу (рис.2).

Опір проковзуванню визначали як граничне середнє дотичне напруження, при якому зразок ґрунту зсувається по фіксованій поверхні геосинтетика при заданому нормальному напруженні.

При дослідженні висмикування геосинтетика із ґрунту прошарок затиснений між двома шарами ґрунту з кутами внутрішнього тертя ϕ_1 і ϕ_2 . Прошарок лежить на глибині h від поверхні ґрунту з питомою вагою γ . По поверхні ґрунту рівномірно розподілене навантаження з інтенсивністю q . Геосинтетичний матеріал характеризується модулем деформації E , товщиною δ , розривним зусиллям R .

Визначали зміну висмикуючого зусилля від нормального навантаження. Для цього на дно короба укладають ґрунт шарами по 2 см з трамбуванням трамбівкою до висоти прорізу у коробі (95 мм від низу стенду), далі укладають геосинтетичний матеріал, далі шарами по 2 см з трамбуванням трамбівкою (кінцем ущільнення вважали той момент, коли не залишалось сліду на поверхні ґрунту після падіння вантажу) укладають ґрунт. Поверхню ґрунту вирівнюють і на неї укладають плиту з важками. Згідно з [6] нормальне навантаження витримували для пісків – 5 хв, для суглинків – 30 хв.

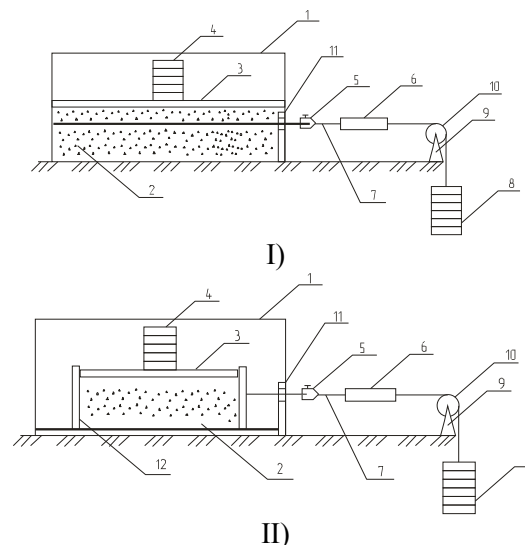


Рис. 2. Схеми визначення коефіцієнтів

I) схема визначення коефіцієнта взаємодії ґрунту з геотекстилем при висмикуванні;

II) схема визначення коефіцієнта проковзування ґрунту по геотекстилю.

1 – корпус; 2 – ґрунт; 3 – плита; 4 – важки; 5 – зчіпний пристрій; 6 – динамометр; 7 – трос; 8 – підвіска з гилями; 9 – кронштейн; 10 – шків; 11 – передня стінка з прорізом; 12 – короб з ґрунтом.

Як було зазначено, експлуатаційна надійність насипу (забезпечення внутрішньої стійкості) забезпечується достатньою довжиною закладання геосинтетичного прошарку в насип та вибір матеріалу армування достатньої міцності.

Довжину анкерування армуючого прошарку у стійкій частині насипу будемо знаходити за залежністю

$$L_{\text{анк}} \geq 1 + \frac{T_{Di} \cdot [K_R]}{2 \cdot f_{ds-e} \cdot \sigma_z^* \cdot \text{tg} \varphi}, \quad (1)$$

де T_{Di} – проектна міцність на розтяг i -го полотна;

$[K_R]$ – мінімально допустимий коефіцієнт стійкості армованого укосу згідно з [1, 8] (для доріг I і II категорій – 1,5; III і IV – 1,3);

φ – кут внутрішнього тертя ґрунту;

f_{ds-e} – коефіцієнт взаємодії ґрунту з геосинтетиком при висмикуванні;

σ_z^* – напруження на рівні армуючого прошарку.

Загальне армуюче зусилля T_a , яке необхідне для забезпечення заданої внутрішньої стійкості укосу, визначають за формулою

$$T_a = \frac{\gamma \cdot H^2 \cos \theta_{\max} \cdot \sin \theta_{\max} (1 - \text{ctg} \delta \cdot \text{tg} \theta_{\max} - \text{tg} \varphi \cdot \text{ctg} \theta_{\max} + \text{tg} \varphi \cdot \text{ctg} \delta)}{2 \cdot \sin \theta_{\max} (\cos \theta_{\max} + f_{ds} \cdot \text{tg} \varphi \cdot \sin \theta_{\max})}, \quad (2)$$

де f_{ds} – коефіцієнт проковзування ґрунту насипу по геосинтетичному матеріалу;

θ – кут нахилу поверхні ковзання;

γ – вага призми обвалення.

H – висота насипу.

Висновки

На сучасному етапі одним із перспективних напрямів скорочення строків будівництва, забезпечення міцності структур, скорочення площ під спорудами є улаштування армоґрунтових конструкцій з армуванням їх геосинтетичними матеріалами. На теперішній час не розроблено інженерний метод, який би дозволив розраховувати армування укосів насипів автомобільних доріг з врахуванням особливості технології їх спорудження.

Автором виконано експериментальні дослідження взаємодії ґрунту з геосинтетичним прошарком. У ході досліджень отримано коефіцієнти взаємодії ґрунту з геосинтетичним матеріалом (геотекстилем і георгатами) при проковзуванні ґрунту по ньому: для геотекстилю і суглинку це 0,75, піску – 0,90; для георгат і суглинку це 0,82, піску – 0,91; а також при висмикуванні геосинтетика із тіла насипу: для геотекстилю і суглинку це 0,57, піску – 0,71; для георгат і суглинку це 0,73, піску – 0,81.

1. Гамеляк І.П. Про коефіцієнти запасу при проектуванні конструкцій земляного полотна з використанням геосинтетичних матеріалів / І.П. Гамеляк, І.Д. Боднар, Г.В. Журба // Автошляховик України. – 2009. – № 6. – С. 35–37.
2. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта: Пер. с англ. В.С. Забавина; Под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
3. Заворицкий В.И. К вопросу о сцеплении армирующей прослойки из геотекстильного материала с грунтом / Заворицкий В.И., Товбыч В.Б. // Применение геотекстиля и геопластиков в дорожном строительстве. – М.: Союздорнии, 1990. – С.38-42.
4. Ковальський Р.К. Зміцнення ґрунтових основ будівель та споруд методом армування: Дис. ... канд. техн. наук 05.23.02 / ДНДІБК. – К., 2004. – 154 с.

5. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Лабораторні випробування: ДСТУ Б В. 2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96). – [Чинний від 1997-04-01]. – К.: Держбуд України, 1997. – 27 с. – (Державний стандарт України).
6. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності та деформованості: ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). – [Чинний від 1997-04-01]. – К.: Держбуд України, 1997. – 102 с. – (Державний стандарт України).
7. Рубан О.А. Устойчивость слоистых грунтовых сооружений на деформируемом основании: Монография / О.А. Рубан. – Днепропетровск. ПГАСиА, 2005. – 182 с.
8. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008. – [Чинний від 2008-10-14]. – К.: Укравтодор, 2008. – 126 с. – (Відомчі будівельні норми України).
9. Усиченко О.Ю. Моделі та метод розрахунку армованих геосинтетиками підпірних конструкцій автомобільних доріг: Дис. ... канд. техн. наук 05.22.11 / НТУ. – К., 2004. – 175 с.
10. Федорук А.В. Вдосконалення технології армування укосів геосинтетичними матеріалами: Дис. ... канд. техн. наук 05.23.08 / ОДАБА. – Одеса, 2006. – 144 с.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014

УДК 656.1

О.П.Кравченко, В.О.Осипов

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

²Державний вищий навчальний заклад «Луганський будівельний коледж»

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ АВТОДОРОГИ

Розглянуто методи оцінки рівня безпеки дорожнього руху на ділянках автомобільних доріг. Виявлено фактори, які можуть суттєво впливати на точність прогнозування. Запропоновано вдосконалити існуючий спосіб шляхом введення додаткових параметрів, які було отримано у результаті формалізації статистики аварійності на місцях концентрації ДТП.

Ключові слова: аварійність, місце концентрації ДТП, інтенсивність руху, статистика, оцінка безпеки руху балами.

Рис. 1. Табл 4. Форм .5. Літ 10.

О.П.Кравченко, В.О.Осипов

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ АВТОДОРОГИ

Рассмотрены методы оценки уровня безопасности дорожного движения на участках автомобильных дорог. Выявлены факторы, которые могут существенно влиять на точность прогнозирования. Предложено усовершенствовать существующий способ путем ввода дополнительных параметров, которые были получены в результате формализации статистики аварийности на местах концентрации ДТП.

A.Kravchenko, V.Osipov

TO QUESTION OF IMPROVEMENT OF THE METHOD OF EVALUATION OF SAFETY AT THE DETACHED HIGHWAY SECTIONS

In the proposed work reviewed existing methods of assessment of level of safety of road traffic in some areas of public roads. Been determined that the main source of data for forecasting of traffic accidents are the information about traffic intensity of vehicles on the control plot and reliable statistics on accidents. Studied Express method for determining the intensity of traffic accidents, proposed by Ukravtodor in the new standard. At the same time identified factors that can significantly affect the accuracy of prediction of the level of risk due to the large percentage of the error, and it found a significant difference in the statistics of road traffic accidents management of the state traffic inspection and Service of roads in the region, as attested by the official documents. Proposed to improve the existing method of forecasting of the level of risk by entering additional parameters that were acquired as a result of formalization of statistics of accidents on the concentration of road accidents. For a basis was taken statistics, generalized cards concentration of road accidents as the most reliable sources of accidents on the roads of the region. The main criteria that influence the degree of risk, defined as the technical means of traffic organization, which, according cards, places of concentration of road accidents, significantly reduced the accident rate; percentage reduction of the accident rate was determined by method of «before» and «after». According to the proposed measures in the cards, as well as information about the efficiency of their use was estimated in percentage equivalent of each event and converted into points.

Постановка проблеми. Оцінка ступеню безпеки руху на дорозі має основне значення для служб експлуатації доріг і організації руху при виявленні небезпечних ділянок і розробці заходів з поліпшення умов руху. На нещодавно побудованих дорогах, запроектованих за сучасними будівельними нормами і правилами, небезпечні ділянки можуть виникнути тільки при порушенні проектувальниками або будівельниками нормативних вимог до елементів траси або ставати небезпечними в результаті перевищення водіями розрахункових швидкостей або швидкостей, що відповідають коефіцієнтам зчеплення шин з покриттям при погоді, що погіршала.

Аналіз досліджень та публікацій. Проведено дослідження існуючих нормативів Укравтодору, що забезпечують можливість виявлення небезпечних ділянок на автодорогах, основою для удосконалення послужив метод оцінки безпеки руху, запропонований проф. Бабковим В.Ф.

Мета роботи - надати спеціалістам з безпеки дорожнього руху дієвий експрес-спосіб оцінювання рівня безпеки руху балами безпосередньо на автодорозі.

Основні результати дослідження. При розробці або удосконаленні методів оцінювання безпеки дорожнього руху (БДР) необхідно встановити серед іншого вплив на безпеку руху перемінних дорожніх факторів та дати кількісну та якісну оцінку ступеню їх зміни. Ці фактори обумовлюють вибір подальшої математичної моделі, яка повинна відповідати наступним вимогам:

- використання випадкових величин, що характеризують рівень аварійності на автодорогах, та дозволяють виявити небезпечну ділянку;
- оперування мінімально необхідною вибіркою даних про ДТП;
- використання того типу математичних кривих розподілу, які забезпечать опис розподілу «випадкових» ДТП на мережі автодоріг з необхідним наближенням;
- виявлення ділянок доріг, на яких спостерігається перевищення стабільної кількості ДТП.

Всі методи виявлення небезпечних ділянок, що на сьогодні пропонуються, засновані на даних статистики дорожньо-транспортних пригод. В різний час були запропоновані наступні методи: аналіз статистичних даних методами теорії вірогідності; використання даних багатофакторного кореляційного аналізу; аналіз епюри швидкостей руху (методи коефіцієнтів безпеки і «шуму прискорення»); аналіз за допомогою коефіцієнтів відносного впливу окремих елементів дороги (метод коефіцієнтів аварійності); метод конфліктних ситуацій.

На сьогодні Укравтодором запропонована Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України М 218-03450778-652:2008 [1]; оцінювання рівнів аварійності Методикою рекомендується проводити за наступними мікро-показниками:

- визначення коефіцієнта пригод;
- визначення головних статистик покілометрового розподілу аварійності на ділянках доріг загального користування та частки ДТП, що сталися за умов незадовільного утримання доріг;
- визначення коефіцієнта аварійності.

Коефіцієнт пригод (K_{np}), за яким і проводиться оцінка ділянок автомобільних доріг за ступенем небезпеки для руху визначається для однорідних за інтенсивністю руху ділянок автомобільних доріг відповідно для кількості ДТП з постраждалими або загальної їх кількості за формулою:

$$K_{np} = \frac{10^6 \times z}{t \times 365 \times NL}, \quad (1)$$

де K_{np} - кількість ДТП на 1 млн. автомобіле-кілометрів пробігу;

z - кількість ДТП на ділянці автомобільної дороги;

N - середньорічна добова інтенсивність руху за останній рік періоду спостереження за розподілом ДТП на ділянці дороги, авт./добу;

t - кількість років спостереження за розподілом ДТП (рекомендується три роки);

L - довжина ділянки, км (не враховується для коротких ділянок протяжністю менш ніж один кілометр).

Таким чином, метод потребує збирання статистичного матеріалу перед кожним виїздом на ділянку автодороги, яка підлягає оцінюванню.

Як видно з (1), для визначення ризиків впливу різних чинників на аварійність в усіх запропонованих методах оцінювання рівня БДР потрібна така складова, як інтенсивність руху; цей параметр необхідний і для запропонованого нижче оцінювання БДР балами у вигляді коефіцієнту впливу. Характерною ознакою впливу інтенсивності руху на аварійність є закономірне зростання ДТП із збільшенням інтенсивності руху. Цей факт встановлений багаточисленними дослідженнями [2, 3].

Вплив інтенсивності руху на кількість пригод дослідження описують за допомогою еластичності пригоди відносно інтенсивності руху. Ця еластичність показує, на скільки відсотків пригоди змінюються, коли дорожній рух змінюється на 1% (рис. 1).

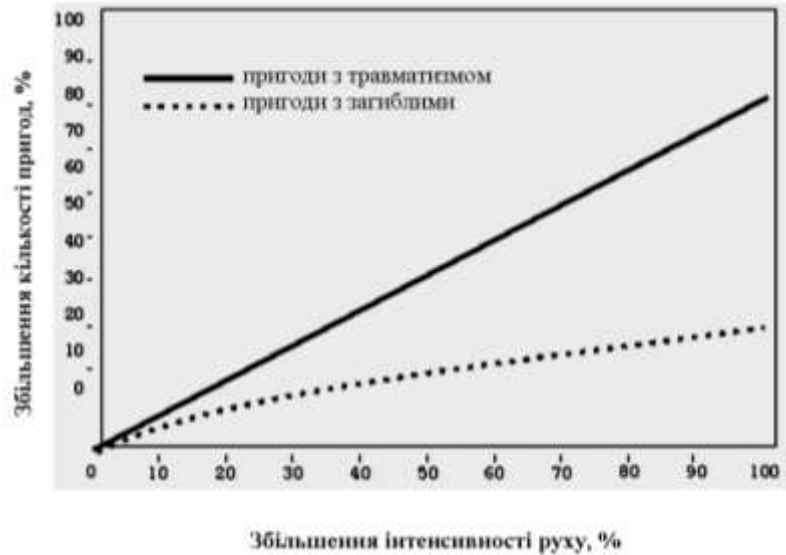


Рис. 1. Взаємозв'язок між інтенсивністю руху та кількістю пригод за [3]

У 2012 році Укравтодором було розроблено Методику проведення аудиторських перевірок безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування [4]; серед іншого у методиці було запропоновано експрес-метод визначення інтенсивності руху транспортних засобів. Цей спосіб автором випробувався [5], та вже пропонувався, як дієвий засіб визначення одного з параметрів при оцінюванні ризику ДТП [6].

Інтенсивність руху за добу розраховується за формулою:

$$N_{доб} = N_{год} \times K_1 \times K_2 \times K_3, \quad (2)$$

де $N_{год}$ - інтенсивність за годину, авт./год.;

K_1 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по годинах на добу (табл. 1);

K_2 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по днях тижня (табл. 2);

K_3 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по місяцях року (табл. 3).

Інтенсивність руху на годину розраховується за формулою:

$$N_{год} = \frac{a_t \times 60}{t}, \quad (3)$$

де a_t - кількість автомобілів за період обліку (рекомендоване за 15 - 60 хв.), авт.;

t - тривалість обліку, хв.;

60 - кількість хвилин.

Таблиця 1

K_1 - поправочний коефіцієнт за часом доби

Години	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
K_1	2,67	6,31	14,95	16,89	16,0	14,49	16,70	14,0	11,63	15,11	19,72

Таблиця 2

K_2 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по днях тижня

Дні	понеділок	вівторок	середа	четвер	п'ятниця	субота	неділя
K_2	1,036	1,029	1,074	1,116	1,122	0,996	0,657

Таблиця 3

K_3 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по місяцях року

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_3	1,00	0,92	0,79	1,00	1,26	1,01	0,99	1,02	1,01	0,98	1,03	1,00

За своєю природою, завдання оцінки ризиків, прогнозування наслідків ДТП виключають проведення повномасштабних натурних експериментів через їх небезпечність і математичне моделювання є єдиним методом отримання картини розвитку як гіпотетичних аварійних ситуацій, так і аналізу аварій, що мали місце в минулому. Згідно модельного підходу, прогноз будується щодо конкретного стану підсистеми «водій-дорога» [7 - 9].

Згідно з [9] лінійний аналіз аварійності та оцінка умов безпеки руху повинні проводитись власником дороги або дорожнім підприємством в межах її обслуговування з метою оперативного виявлення місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (МК ДТП), у яких супутніми факторами могли бути недоліки в експлуатаційному утриманні ділянки дороги. Аналіз треба виконувати щомісячно з наростаючим підсумком протягом року.

На відміну від існуючих методів, про які йшлося вище, запропонований метод оцінювання БДР балами не вимагає наявності оперативної статистики ДТП перед кожним обстеженням доріг, проте одночасно вимагає глибоких знань в оцінювача (аудитора) вимог сучасних нормативів, що регламентують встановлення та утримання засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху (ЗППЗ ДР). Пропонується оцінювати умови безпеки руху підсумковою сумою балів (за 100-бальною шкалою), що враховує низку характеристик облаштування дороги. На наш погляд, в умовах, коли оцінка умов безпеки руху на дорогах згідно [9] покладена на представників власника автодоріг, такий спосіб виглядає ефективніше, так як власник доріг не завжди або не в повній мірі володіє достовірною статистичною інформацією про ДТП на ділянці, що оцінюється. Так, листом від 07.02.2008 р. № 7-р-204 Служба автодоріг у Луганській області інформувала Укравтодор про виявленні у статистиці ДТП розбіжності.

За даними, що надіслав Департамент ДАІ МВС до Укравтодору, за 12 місяців 2007 року на автодорогах Луганської області сталося 459 ДТП, при обстеженні яких було виявлено недоліки в експлуатаційному утриманні доріг, а за даними Служби автодоріг у Луганській області - 386. Розбіжність склала 16,2% (73 ДТП). Звісно, маючи такі факти, на власну статистику власник доріг повинен спиратися обережно. Тобто можна казати про систематичні помилки вимірів через неповну реєстрацію пригод, що є системною погрішністю.

До того ж у зв'язку із наміром ввести на території України так звані «Європротоколи», дія яких передбачає оформлення ДТП без представників Державтоінспекції та відповідно і власників доріг у разі відсутності загиблих та постраждалих та невеликої кількості збитків, не виявляється можливим дослідити причини виникнення цієї категорії ДТП через відсутність інформації про них. При розробці метода оцінювання БДР балами було проаналізовано картки місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (МК ДТП) у період з 2007 по 2013 роки. Картки МК ДТП виглядають як найбільш надійне джерело інформації, так як складаються одночасно представниками власника автодоріг, Державтоінспекцією та дорожньо-проектною організацією, та є об'єктом державної статистичної звітності. Всього було охоплено аналізом 28 МК ДТП на автодорогах державного та місцевого значення.

За проведеним аналізом було з'ясовано, що на 95% заходи передбачали встановлення нових або заміну існуючих технічних засобів організації дорожнього руху (ТЗ ОДР).

Так, пропозиції щодо використання дорожніх знаків у картках МК ДТП склало 30,43%; використання горизонтальної дорожньої розмітки склало 30,43%; використання напрямних стовпчиків склало 8,69%; використання світлофорів склало 8,69%; використання огороження склало 8,69%; використання засобів примусового зниження швидкості склало 4,34%; використання протизасліплювальних екранів склало 4,34%; використання шумових смуг склало 4,34%. Алгоритм побудови методу оцінювання рівня БДР балами має наступний вигляд. Для отримання значень для впровадження 100-бальної системи оцінки рівня аварійності конвертуємо відсотки у бали округляючи їх до десятих. Відповідно отримуємо оцінку впровадження окремих технічних засобів у балах (табл. 4).

Таблиця 4

Шкала умовних балів для технічних засобів

№ п/п	Технічний засіб	Присвоєний умовний бал
1.	Знаки дорожні	30
2.	Розмітка вертикальна	30
3.	Направляючий стовпчик	7
4.	Світлофор*	7
5.	Огороження	7

6.	Засіб примусового зниження швидкості*	4
7.	Протизасліплювальний екран**	4
8.	Шумові смуги	4
9.	Інші засоби***	2

* - технічні засоби призначаються тільки у межах населених пунктів

** - призначається на автодорогах Іа, Іб категорії при умові наявності бар'єрного або парпетного огороження на розділювальній смузі

*** - заходи, що призначаються вкрай рідко (обрізка дерев, очищення покриття від бруду, ліквідація неорганізованих «диких» з'їздів тощо)

Однак, ці бали можливо вважати коректними, коли всі технічні засоби мають стовідсоткову видимість у різних погодних та часових умовах згідно з існуючими нормативами. Чим більше часу знаходиться влаштований технічний засіб на дорозі, тим вище вірогідність недоотримання з нього інформації водієм через зменшення його експлуатаційних властивостей.

До показників технічних засобів, які забезпечують безпеку дорожнього руху, у тому числі у темну пору доби, або при несприятливих погодних умовах згідно з [3] належать:

- світлоповертальний ефект поверхні дорожніх знаків згідно з ДСТУ 4100;
- відстань видимості вертикальної та горизонтальної розмітки згідно з ДСТУ 2587;
- світлоповертальний ефект вставок розмічальних дорожніх знаків згідно з ДСТУ 4036;
- сила сигналів світлофорів згідно з ДСТУ 4092;
- відстань видимості напрямних пристроїв згідно з ДСТУ Б В.2.3-9;
- видимість засобів примусового зниження швидкості згідно з ДСТУ 4123;
- зниження засліплювання водіїв при використанні протизасліплювальних екранів.

Тому виникає необхідність введення при обстеженні понижуючого коефіцієнту видимості C_e при умові прийняття нового технічного засобу, виготовленого згідно стандартів за 1,0. Понижуючий коефіцієнт необхідно застосовувати у випадках недостатньої зорової видимості технічного засобу на відстані, де аналогічний новий засіб вже чітко видний. Рекомендується при застосуванні понижуючого коефіцієнту не проводити заміри видимості технічних засобів спеціальними приладами, а використовувати лише випробувача із середнім ступенем зору, тобто змодельовати умови видимості об'єкту пересічним водієм. Це дуже важливий фактор, тому що за часовим аналізом карток МК ДТП аварії вдень склали 61,4%, вночі - 21,4%, у сутінках - 17,1%.

Також, окремо необхідно ввести понижуючий коефіцієнт, який би враховував ступінь небезпеки для ТЗ безпосередньо самого технічного засобу при вірогідному зіткненню з ним C_o (ступінь деформативності). За 1,0 у даному випадку можливо прийняти ТЗ ОДР, що виготовлені з матеріалів, які за сучасними порівняннями та дослідженнями признані як найнебезпечніші.

Понижуючий коефіцієнт пропонується визначати за формулою:

$$K_{II} = 1 - (K_{def} + (1 - K_{inf})), \quad (4)$$

де 1,0 - новий (еталонний), найнебезпечніший з точки зору деформаційності, щойно встановлений технічний засіб, виготовлений згідно нормативу;

K_{def}, K_{inf} - складові зниження експлуатаційного стану технічного засобу (видимості) та його деформативність (понижуючі коефіцієнти).

Запропонований спосіб оцінювання БДР балами також визиває інтерес через впровадження останнім часом на території України аудиту дорожньої безпеки на стадії експлуатаційного утримання, який саме покликаний проводити незалежну перевірку небезпечних ділянок автодоріг та призначати низьковартісні та ефективні заходи для зниження аварійності.

Слід відзначити, що згідно карток, ефект від впровадження заходів на МК ДТП, склав 76,03%, тобто можна говорити про стійку кореляційну залежність між виконанням саме цих заходів і зниженням аварійності, та навпаки, збільшення аварійності при невиконанні цих заходів.

Ефективність впровадження заходів розраховувалася за формулою:

$$E = \frac{Z_{до} - Z_{після}}{Z_{до}} \times 100\%, \quad (5)$$

де E - соціальна ефективність від впровадження заходів з безпеки дорожнього руху, %;
 $Z_{до}$ - кількість ДТП на ділянці "до" виконання заходів з підвищення безпеки руху;
 $Z_{після}$ - кількість ДТП на ділянці "після" виконання заходів з підвищення безпеки руху.

Оцінювання БДР необхідно проводити з проектом організації дорожнього руху (ПОДР), який буде виконувати роль еталону. Якщо на ділянці, що перевіряється, ПОДР не передбачає встановлення ЗППЗ ДР, то ділянка вважається за визначенням безпечною з точки зору впливу на аварійність дорожнього фактору; повинні вивчатися інші складові системи В-А-Д-С.

Рекомендується проводити оцінювання: на рівній ділянці - довжиною до 1 км (вивчається потенційно аварійно-небезпечна ділянка з зонами впливу); перехрещення, залізничні переїзди, розв'язки та інші аварійно-небезпечні ділянки (АНД) рекомендується досліджувати, як окремі об'єкти [10]. Показники ступеню небезпеки ділянок доріг балами пропонується використовувати за табл. 5. Для визначення ризиків впливу інших чинників на аварійність в усіх запропонованих методах оцінювання рівня БДР потрібна така складова, як інтенсивність руху; цей параметр необхідний і для оцінювання БДР балами у вигляді коефіцієнту впливу; про його отримання йшлося вище.

Висновки. Запропонований метод оцінювання рівня безпеки руху є безсумнівним кроком вперед на шляху спрощення та уточнення існуючих методик. У подальшому перспективним виглядає робота щодо побудови імітаційної моделі взаємодії водія та автодороги як підсистеми загальної системи «водій-автомобіль-дорога-середовище», шляхом спираючись на критерії, якими раніше нехтували - технічними засобами організації дорожнього руху. Це дасть можливість відкалібрувати запропонований метод, та перенести його дію у програмне середовище. Таким чином дослідження отримає суттєву платформу для залучення додаткових змінних - урахування категорії дороги, часу доби, інформативності технічних засобів, їх деформаційність тощо.

Таблиця 5

Показники ступеню небезпеки ділянок доріг за визначеними балами*

Кількість балів	Критерій оцінювання*	Рівень безпеки руху
0-25	ЗППЗ ДР встановлено згідно дислокації, відповідають нормативним вимогам, матеріали з безпечним рівнем деформативності	Безпечний
25-50	ЗППЗ ДР у наявності, деякі потребують оновлення	Малонебезпечний
50-75	ЗППЗ ДР частково відсутні, існуючі потребують оновлення або довшановлення	Небезпечний
75-100	Практично повна (або повна) відсутність ЗППЗ ДР. Існуючі недостатньо видимі, або чимось загороджені. ЗППЗ ДР з небезпечним рівнем деформативності	Дуже небезпечний

* у таблиці сформульовано основні (типові) критерії, проте вони можуть змінюватися та комбінуватися

1. Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України: М 218-03450778-652:2008. - [Чинна від 2008-01-01]. - К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2008. - 49 с. - (Методика Укравтодор).
2. Рунэ Эльвик. Справочник по безопасности дорожного движения / Рунэ Эльвик, Анне Боргер Мюсен, Трулс Ваа; [пер. с норв. под ред. проф. В.В. Сильянова]. - М.: МАДИ (ГТУ), 2001. - 754 с.
3. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 1993. - 271 с.
4. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування: М 03450778 - 700:2012. - [Чинний від 2012-01-01]. - К.: Укравтодор, 2012. - 63 с. - (Методика Укравтодору).
5. Чумакова А.Д. Апробація експрес-методу визначення інтенсивності руху автомобілів в умовах міста / А.Д. Чумакова, В.О. Осипов // Інженерія та енергетика: теорія, аналіз, практика: Матеріали другої регіональної науково-практичної конференції (м. Луганськ, 11 квітня 2013 року): Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад «Луганський будівельний коледж» [та ін.]. - Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2013. - С. 153-156.
6. Осипов В.А. Уточнение входных параметров при прогнозировании ДТП / В.А. Осипов, А.П. Кравченко // II Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів «Проблеми і перспективи розвитку автомобільної галузі», 18 - 19 вересня 2013 року / Міністерство освіти та науки України, Донецька академія автомобільного транспорту [та ін.]. - Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2013. - С. 140-143.
7. Гельфанд И.М., Цейтлин М.Л. Принцип нелокального поиска в системах автоматической оптимизации / ДАН СССР 137, №2 (1962). - С. 295-298.

8. Вишневикий В.А., Меняйленко А.С., Сквирский В.Д. Имитационное моделирование функций пользователя ЭВМ // Наука на рубеже столетий. Материалы научной конференции. – Луганск: Изд-во ЛГПУ, 2000. – С. 4-8.
9. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінки умов безпеки руху на автомобільних дорогах: ГСТУ 218-03449261-099-2002. - [Чинний від 2003-07-03]. – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2003. – 9 с. - (Галузевий стандарт Укравтодор).
10. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги загального користування. Проект (схема) організації дорожнього руху на автомобільній дорозі: ДСТУ 218-03450778-092-2002. - [Чинний від 2001-01-01]. - Офіц. док. – К.: Держстандарт України, 2002. – 24 с. - (Національний стандарт України).

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

С.И.Кривошапов
НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТЕ

Розглянуто переваги та недоліки діючої методики нормування палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Запропоновано шляхи вдосконалення нормативної бази за рахунок більш повного врахування конструктивних особливостей автомобілів, а також умов їх експлуатації.

Ключевые слова: *расход топлива, базовая норма расхода топлива, горюче-смазочные материалы, условия эксплуатации, нормирование.*

Рис 3. Табл 1. Лит 12

Рассмотрены достоинства и недостатки действующей методики нормирования топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте. Предложены пути совершенствования нормативной базы за счет более полного учета конструктивных особенностей автомобилей, а также условий их эксплуатации.

The advantages and disadvantages of the existing methods of rationing of fuel and lubricants for motor vehicles. Determined path improving the regulatory framework. A mathematical model for the analytical determination of the basic and additional of fuel consumption standards for vehicles. The method allows to take into account the designing and operating facilities machines. This allows you to evaluate the effectiveness of automotive fuel and facilitate valuation of fuel and lubricants for transport.

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт займає ведуче місце в транспортній системі України. По станію на январь-март 2014 года на долю автомобильного транспорта приходится перевозка 45.1 млн.т груза, что составляет 25 % от общего объема перевозок грузов по Украине, а грузооборот составил 9159.3 млн.т·км [1]. Более 51 % пассажиров перевозится автомобильным транспортом. В структуре пассажирооборота автомобильный транспорт занимает первое место с показателем 11367.7 млн.т·км [1].

Автомобільний транспорт являється основним потребителем енергетических ресурсов. По станію на 2012 год, более 97 % нефтепродуктов потребляется подвижным составом автотранспорта, а общее потребление энергоресурса в пересчете на нефтяной эквивалент составит 8438 тыс.т, это 74 % от общего потребления энергии всеми видами транспорта [1]. На Украине в структуре себестоимости перевозочного процесса 50...60 % затрат приходится на расход горюче-смазочных материалов [2], в то время как в РФ – около 40 %, а в странах ЕС этот показатель составляет 20...25 % [3]. Поэтому крайне необходимо в нашей стране рационально использовать энергетический ресурс, так необходимый транспортным средствам в процессе их эксплуатации.

Расход топлива является обобщающим показателем совершенства конструкции автомобиля, сложности условий эксплуатации машины, уровнем квалификации водителей, индикатором общего технического состояния всех узлов и систем. Можно выделить много путей экономии топлива на транспорте, но без эффективной государственной политики, направленной на строгий учет и экономию топлива на основе сбалансированной нормативно-правовой системы, не обойтись. Необходимо, чтобы нормативная база по оценке эксплуатационного расхода топлива была максимально гибкой и учитывала конструктивные и эксплуатационные особенности транспортных средств.

Анализ последних исследований и публикаций. На Украине нормирование эксплуатационного расхода топлива осуществляется на основе приказа Министерства транспорта Украины № 43 от 10 февраля 1998 года [4]. В 2012 году приказом Министерства инфраструктуры Украины № 36 от 24.01.2012 были внесены последние изменения в этот нормативный документ. В других странах бывшего Советского Союза (СНГ) действуют схожие нормативные акты учета и нормирования расхода топлива: Российской Федерации [5], Республики Беларусь [6], Молдавии [7], Казахстане [8] и др. Во всех законодательных актах заложены единый принцип построения, которым закреплены численные значения базовой нормы расхода топлива, а условия эксплуатации учитываются посредством корректирующих коэффициентов.

Нерешенные ранее части общей проблемы. Однако, далеко не для всех марок транспортных средств определены численные значения норм расхода топлива. Если базовая норма расхода топлива не определена нормативом, то рассчитывать путевой расход топлива невозможно. Кроме того, действующие нормы расхода топлива не всегда правильно учитывают нагрузочные и скоростные режимы работы транспортных машин и разнообразия условий их эксплуатации.

Целью исследования является критично проанализировать недостатки действующей

системы нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте и предложить пути совершенствования системы учета горюче-смазочных материалов транспортных средств автомобильного транспорта.

Основные результаты исследования.

Анализ методики нормирования расхода топлива, действующей в настоящее время на Украине [4], показал ряд замечаний и недостатков.

В приказе Минтранса Украины определены численные значения базовой нормы расхода топлива. Однако далеко не все марки и модели представлены в этом списке.

Рассмотрим модельный ряд на примере легковых автомобилей Германии. Основные производители легковых автомобилей этой страны, такие как Audi, BMW, Mercedes-Benz, Opel, Volkswagen, конечно представлены в списке норм расхода топлива. Но более мелкие производители, такие как: Alpina, Apal, Artega, CityEl, Gumpert, e-Wolf GmbH, Isdera, Jetcar, Keinath, Lotec, Maybach, Melkus, Pegasus, Porsche, Ruf Automobile, Smart, Wiesmann, Yes!, совсем отсутствуют в нормативной базе. Даже для крупных производителей автомобилей Германии не представлен весь модельный ряд. Так, с 2000 года на Европейский рынок фирмой Audi производилось 54 моделей и модификаций легковых автомобилей, в то время как в нормах расхода топлива [4] можно найти значения только для 9 модификаций автомобилей, затрагивающих ряд из 5 основных серии: 80, 100, A4, A6 и A8. Такие серии автомобилей Audi, как A1 и A2 (супермини), A3 и S3 (малый семейный автомобиль), S2 и S4 (престижный автомобиль), S6 (бизнес) и TT (родстер и купе), A5 и S5 (среднеразмерный кабриолет), RS3, RS4, RS5, RS6, RS7 (спортивные автомобили), R8 (суперкар), Q3, Q5, Q7 (кроссоверы), в нормах расхода топлива Украины не зачатся.

Многие страны производителей автомобилей совсем (например, Австрия, Аргентина, Ангола, Бангладеш, Бельгия, Бразилия и др.) отсутствуют в нормативной базе расхода топлива. Из 18 заводов-производителей Италии установлены нормы расхода топлива только для 4 моделей автомобилей из двух марок: Fiat и AlfaRomeo. В приказе по нормированию расхода топлива отсутствуют целые «семейства» автомобилей ВАЗ: Лада Калина, Лада Приора, Лада Ларгус. Даже для Украинского производителя автомобилей – ЗАЗ, для таких моделей как ZAZ Forza, ZAZ Vida, ZAZ A10 I-VAN, не установлены численные значения базовой нормы расхода топлива.

Можно воспользоваться нормативной базой других стран [5 - 7]. Наиболее полный список базовых норм расхода топлива приведены в Республики Беларусь [6]. Однако эти нормативы не имеют законодательной силы на территории Украины. Не понятно, почему расход топлива для одной и той же марки автомобиля в разных странах имеет различное значение. Например, автомобиль ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С в нормах Украины имеет значение базовой нормы 15,5 л/100 км [4], в Российской Федерации - 17,6 л/100 км [5], в Республике Беларусь - 16,2 л/100 км [6], в Казахстане и Молдавии - 17,9 л/100 км [7, 8]. Разброс норм в разных странах составляет 15 %.

Анализируя нормативные значения базовых норм расхода топлива, действующих на Украине, можно заметить не объяснимые обстоятельства. Автомобиль с двигателем имеющий большую мощность и рабочий объем, тем не менее, имеет меньший расход топлива. Например, в табл. А 2.3 [4] Volkswagen Passat со снаряженной массой 1155 кг, рабочим объемом двигателя 1.781 л и мощностью 79 кВт имеет расход – 9.2 л/100 км, а автомобиль Volkswagen Passat со снаряженной массой 1424 кг, рабочим объемом двигателя 1.984 л и мощностью 85 кВт имеет расход – 9.0 л/100 км.

Замечено, что для автомобилей с высокой максимальной частотой вращения клеенчатого вала двигателя в нормах установлены заниженные значения базового расхода топлива. Например, Toyota Camry с рабочим объемом двигателя 2.995 л и мощностью 135 кВт имеет расход по норме – 12.0 л/100 км. При движении автомобиля в городе, например Киеве, расход топлива увеличивается на 15 % [4], и для этого автомобиля составит 13.8 л/100 км. Тогда как завод-изготовитель установил контрольный расход в городском цикле для данного автомобиля равным 15.7 л/100 км [9]. Отклонение составляет – 13 %. При этом известно, что значения расхода топлива, предоставляемые заводами-изготовителями, сильно занижаются.

Автомобили, имеющие одинаковое название, могут комплектоваться различными двигателями, коробками передач и задними мостами. При этом расход топлива таких модификаций будет сильно отличаться. В Украинских нормах зачастую не приведены различия в компоновки транспортного средства. Например, для автомобиля MAN 19.403 в нормативах [4] приведены значения для двух модификаций, отличающихся только характеристиками двигателя.

Тогда как этот автомобиль может комплектоваться ведущими мостами с рядом из 7 значений передаточных чисел главной передачи. При этом изменяется и максимальная скорость автомобиля. Естественно, что расход топлива будет от этого отличаться.

Изменение принципа формирования базовой нормы расхода топлива, в основу которого положен расчетный метод, позволяет определять значения расхода топлива с учетом конструктивных особенностей транспортного средства. Такой детерминированный метод был заложен профессором Говорушенко Николаем Яковлевичем [10], который предложил значения базовой нормы расхода топлива определять по математической модели.

Упрощенно, эксплуатационный расход топлива в л/100 км можно рассчитать по следующему выражению:

$$H = \frac{1}{\eta_i} \left[\frac{(K_c \cdot i_{kn} \cdot (A + B \cdot K_c \cdot V_{max} \cdot i_{kn}) + 0.01 \cdot C \cdot G_a) \cdot V_{max}}{V_a} + C \cdot 0.077 \cdot k \cdot \alpha_t \cdot B_a \cdot H_a \cdot V_a^2 \right], \quad (1)$$

где η_i – индикаторный КПД двигателя; А, В, С – коэффициенты конструкции автомобиля и качества топлив; K_c – скоростной коэффициент; V_{max} – максимальная скорость автомобиля, км/ч; i_{kn} – передаточное число повышенной передачи; G_a – вес автомобиля в нормированном состоянии, Н; V_a – скорость движения автомобиля, км/ч; k – коэффициент сопротивления воздуха, Н·с²·м⁻⁴; α_t – коэффициент заполнения лобовой площади; B_a и H_a – соответственно, ширина и высота автомобиля, м.

Коэффициенты А, В и С, зависящие от конструктивных параметров автомобиля и качества топлива, рассчитываются по следующим формулам

$$A = \frac{7.95 \cdot a_m \cdot k_n \cdot V_h \cdot i_0}{H_n \cdot \rho_m \cdot r_k}, \quad B = \frac{0.69 \cdot b_m \cdot k_n \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_n \cdot \rho_m \cdot r_k^2}, \quad C = \frac{100}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_{mp}}, \quad (2)$$

где a_m и b_m – коэффициенты механических потерь в двигателе; k_n – коэффициент наддува; V_h – рабочий объем цилиндров двигателя, л; i_0 – передаточное число главной передачи; H_n – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; ρ_m – плотность топлива, г/см³; r_k – динамический радиус колеса, м; S_n – ход поршня, м; η_{mp} – КПД трансмиссии.

Для примера произведем расчет нормы эксплуатационного расхода топлива автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С. Правда в настоящее время данный автомобиль комплектуется более современными двигателями УМЗ-4216 или УМЗ-42164, но в нормах расхода топлива Украины [4] такие двигатели не значатся. Следовательно, для этих двигателей не будет возможности произвести сравнительный анализ.

Численные значения коэффициентов А, В и С для автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С будут следующими:

$$A = \frac{7.95 \cdot 45 \cdot 1 \cdot 2.89 \cdot 4.556}{44000 \cdot 0.76 \cdot 0.32} = 0,44;$$

$$B = \frac{0.69 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 2.89 \cdot 0.092 \cdot 4.556^2}{44000 \cdot 0.76 \cdot 0.32^2} = 0,0145;$$

$$C = \frac{100}{44000 \cdot 0.76 \cdot 0.92} = 0,00325.$$

Тогда расчетное значение эксплуатационного расхода топлива:

$$H = \frac{1}{0.28} \cdot \left[\frac{(0.625 \cdot 0.849 \cdot (0.44 + 0.0145 \cdot 0.625 \cdot 115 \cdot 0.849) + 0.01 \cdot 0.00325 \cdot G_a) \cdot 115}{V_a} + 0.00325 \cdot 0.077 \cdot 0.41 \cdot 0.97 \cdot 2.075 \cdot 2.2 \cdot V_a^2 \right].$$

После преобразования получим общую формулу расхода топлива для автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С

$$H = \frac{288.7 + 0.0133 \cdot G_a}{V_a} + 0.00162 \cdot V_a^2. \quad (3)$$

Если в формулу (3) подставить значение веса автомобиля G_a , как среднеарифметическое

значение полной и снаряженной массы, а скорость автомобиля V_a соответствует средней скорости при движении по второй категории дорог, тогда

$$H_a = \frac{288.7 + 0.0133 \cdot 291357}{50} + 0.00162 \cdot 50^2 = 17.6092 \text{ л/100 км.}$$

Полученное значение базовой нормы расхода топлива хорошо корректируются с данными норм РФ [5]. Ошибка не превышает 0.06 %. Однако, полученное значение расхода топлива расходятся с нормативами Украины [4] на 12 %. Это указывает на заниженную базовую норму расхода топлива, которая установлена для Украинских предприятий.

В приказе Минтранса Украины базовая норма расхода топлива для разных типов автомобилей нормируется при различной степени загрузки. Так, для бортовых грузовых автомобилей, базовая норма установлена на снаряженную массу транспортного средства, для легковых автомобилей, автобусов до 3.5 тонн и самосвалов – с учетом половины загрузки; для автобусов с полной массой более 3.5 тонны – при полной массе. Только для бортовых автомобилей вес перевозимого груза учитывается нормой расхода топлива на транспортную работу.

Нормы расхода топлива на транспортную работу имеет фиксированное значение в зависимости от вида топлива. При движении за пределами города по дорогам 1-4 категории значение нормы на транспортную работу снижают на 30 %.

Норма на транспортную работу можно определить расчетным путем по формуле:

$$H_w = \frac{100 \cdot C \cdot V_{max}}{\eta_i \cdot V_a} . \quad (4)$$

Применительно к автомобилю ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С, формула (4) примет следующий вид (в л/100 т·км):

$$H_w = \frac{133.5}{V_a} . \quad (5)$$

При скорости 50 км/ч для автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С норма на транспортную работу будет составлять $H_w = \frac{133.5}{50} = 2.27 \text{ л/100 т·км}$. В законодательстве Украины [4] установлено значение этой нормы для данного автомобиля равного 2.0 л/100 т·км.

В соответствии с Украинским законодательством для легковых автомобилей и автобусов не предусмотрено изменение расхода топлива в зависимости от фактической загрузки транспортного средства. Масса автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С может изменяться в пределах от 2440 кг (снаряженная масса) до 3500 кг (полная масса). Определим по формуле (3) как изменится расход топлива автомобиля при скорости 50 км/ч в зависимости от степени его загрузки

$$H = \frac{288.7 + 0.0133 \cdot 23936}{50} + 0.00162 \cdot 50^2 = 16.2 \text{ л/100 км;}$$

$$H = \frac{288.7 + 0.0133 \cdot 34335}{50} + 0.00162 \cdot 50^2 = 19.0 \text{ л/100 км.}$$

Максимальное отклонение расхода топлива порожнего и груженого автомобиля составило 2.8 л/100 км. Поскольку в соответствии с [4] базовая норма расхода топлива автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С устанавливается на половину загрузки, то реальное относительное отклонение от степени загрузки может составлять $\pm 8 \%$, а это никак не учитывается Украинским законодательством.

На рис 1. приведены графики изменения основной нормы и нормы расхода топлива на транспортную операцию в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С. Поскольку H_w с уменьшением скорости возрастает, то влияние степени загрузки транспортного средства на расход топлива будет более ощутима на малых скоростях.

Нормативные значения нормы расхода топлива устанавливаются для средних условий эксплуатации. Однако по формулам (1) и (4) можно определять нормы расхода топлива с учетом реальных условий эксплуатации. В Положении о техническом обслуживании и ремонте

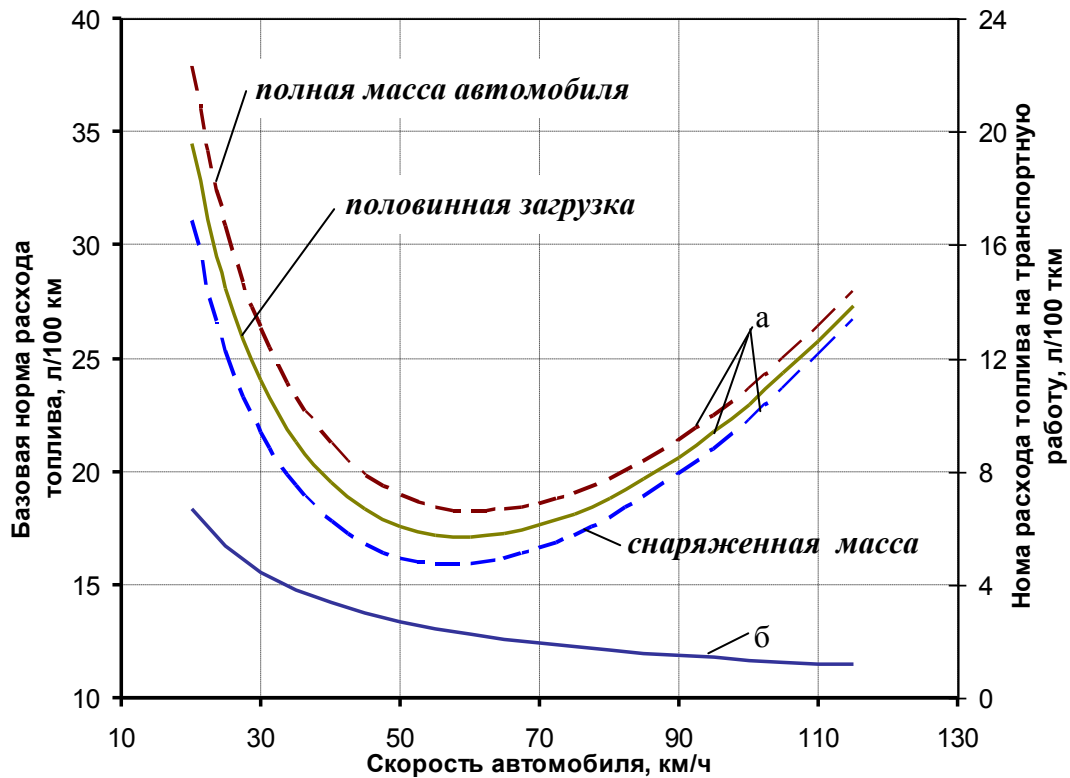


Рис. 1. Графік зміни базової норми витрати палива (а) та норми витрати палива на транспортну роботу (б) автомобіля ГАЗ-32213 «Газель» з двигателем УМЗ-4215С

автотранспортних засобів [12] умови експлуатації розбиті на 5 категорій. Основним класифікаційним ознакою виступає середня технічна швидкість, значення якої можна визначити вимірними засобами або приблизно розрахувати за формулою

$$V_a = k_v \cdot (0.6 \dots 0.7) \cdot V_{max}, \quad (6)$$

де k_v - коефіцієнт зміни середнотехнічної швидкості в залежності від категорій умов експлуатації.

Для кожної категорії доріг можна розрахувати середню технічну швидкість, значення витрати палива на снаряжену масу та норму витрати палива на транспортну роботу (одну тону зміни маси автомобіля). В табл. 1 наведено розрахунок цих показників для автомобіля ГАЗ-32213 «Газель» з двигателем УМЗ-4215С.

Таблиця 1

Основна та додаткова норми витрати палива автомобіля ГАЗ-32213 «Газель» з двигателем УМЗ-4215С в залежності від категорій умов експлуатації

Категорія УЭ	k_v	V_a , км/ч	H_a , л/100 км	H_w , л/100 т·км
1	1.0	70	17,51	1,93
2	0.80	55	17,19	2,42
3	0.62	43	18,77	3,12
4	0.52	36	20,93	3,72
5	0.45	31	23,34	4,30

Зміна витрати палива транспортних засобів в залежності від умов експлуатації враховується шляхом коректування витрати палива поправочними коефіцієнтами. В законодавчій базі України передбачено 15 умов, коли витрати палива підвищуються, і 3 умови, коли витрати знижуються [4].

В наказі Міністерства транспорту всі надбавки застосовуються при досягненні певних умов, т.е. при настанні певної події. На межі переходу умов надбавка змінюється стрибком. Однак дорожні та транспортні умови експлуатації змінюються неперервно і їх вплив на витрати палива також неперервний. Необхідно відмовитися від діапазонних значень

корректирующих коэффициентов, которые введены в методику нормирования расхода топлива, а перейти на функциональные зависимости. Это позволит повысить точность нормирования расхода топлива, особенно на границе действия той или иной надбавки.

Расход топлива зависимости атмосферно-климатических условий, в которых движется автомобиля, в частности от температуры и давления воздуха. На рис 2. представлена схема изменения корригирующих коэффициентов, предусмотренных Украинским законодательством [4].

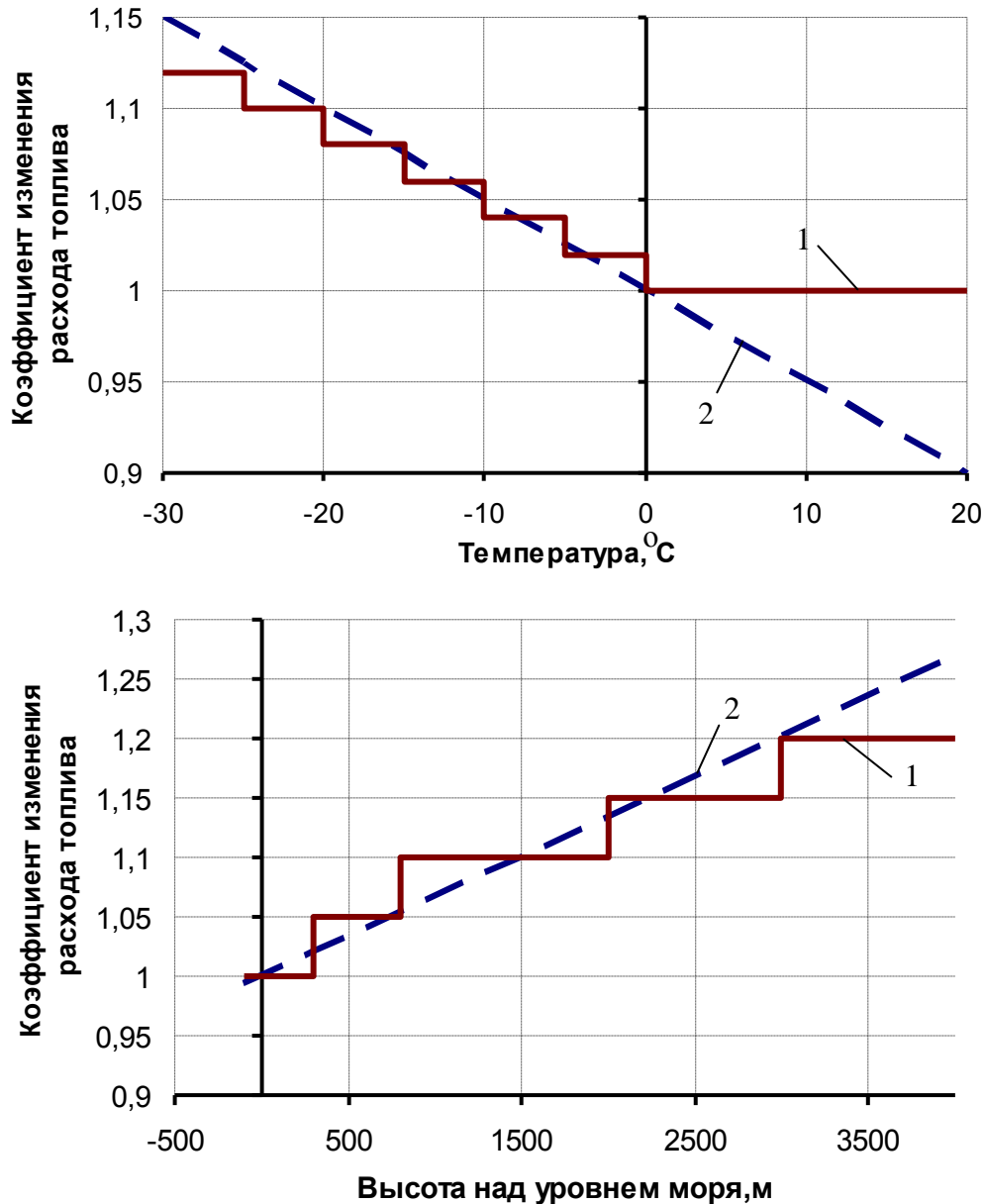


Рис. 2. Изменение расхода топлива в зависимости от атмосферно-климатических условий по методике Минтранса Украины (1) и полученной по математической модели (2)

Более эффективно влияние состояния воздуха на расход топлива заменить непрерывными зависимостями:

$$K_t = 1 - 0.5 \cdot 10^{-2} \cdot t, \quad K_h = 1 + 0.067 \cdot 10^{-3} \cdot h, \quad (7)$$

где t - температура воздуха, °C; h - высота дороги над уровнем моря, м.

Как видно из формул (7) и графика (см. рис. 2) исключены перепады расхода, которые присутствует в Министерской методике нормирования топлива. Кроме того, учет влияния атмосферы на расход топлива не ограничено только отрицательной температурой и высотой дороги выше уровня моря.

Расход топлива в л/100 км очень чувствителен к изменению скорости движения автомобиля.

Особенно это заметно при движении с малыми или с большими скоростями. В приказе Минтранса Украины предусмотрено повышение расхода топлива на 10 % при движении со скоростью менее 20 км/ч [4]. Однако это явно недостаточно.

Подставим в формулу (3) значение скорости 20 км/ч, тогда

$$H_a = \frac{288.7 + 0.0133 \cdot 291357}{20} + 0.00162 \cdot 20^2 = 34.5 \text{ л/100 км.}$$

Это означает что расход топлива автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С при движении со скоростью 20 км/ч возрастет, по сравнению с расходом топлива при скорости 50 км/ч, чуть менее чем в два раза (на 96 %). А при скорости 10 км/ч, расход топлива составит 68 л/100 км, т.е. возрастет в 2.8 раза. Это объясняется тем, что базовая норма расхода топлива – удельный показатель. Чем медленнее будет двигаться автомобиль, тем большее времени ему необходимо для преодоления 100 км. В сложных условиях, когда скорость движения мала, целесообразно переходить на нормирования расхода топлива за единицу времени, т.е. на л/ч (кг/ч). Максимальное повышение расхода топлива в Украинском законодательстве возможно только на 50 % при условии движения автомобиля, когда дорога практически отсутствует (песчаные заносы, снегопады, паводки и др.) [4].

В Украинском положении предусмотрен учет расхода топлива как на единицу пробега, так и на единицу времени. Но это касается двух случаев, когда автомобиль вынужденно простаивает с включенным двигателем и во время разогрева двигателя, работающего на СНГ и СПГ. Однако эти нормы также занижены. Согласно [4] час простоя автомобиля с включенным двигателем предусматривает расход топлива до 5 % от базовой линейной нормы. Для автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С это составит $15.5 \cdot 5 / 100 = 0.775$ л/ч. Реальный часовой расход топлива данного автомобиля на режиме холостого хода двигателя без нагрузки составляет 1.2...1.3 л/ч. Отклонение нормативного расхода от значения завода-изготовителя более 65 %. При запуске двигателя при температуре воздуха -10 °С на СНГ предусмотрен расход бензина, равного 3 % от базовой нормы расхода топлива, на каждый календарный день эксплуатации. Для автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С это составит $15.5 \cdot 3 / 100 = 0.465$ л/день. При среднем значении часового расходе топлива равного 1.25 л/ч (а при прогреве двигателя этот расход значительно выше), Украинское законодательство предусматривает суточное потребление бензина на $0.465 / 1.25 = 0.372$ часа или 22.3 мин. Среднее время прогрева двигателя УМЗ-4215С от температуры -10 °С до +40 °С составляет не менее 3 мин, т.е. нормы предусматривает 7 прогревов. Это недостаточно для автомобилей, которые осуществляют перевозку грузов и пассажиров на коротких расстояниях, например для маршрутных такси.

При движении автомобиля с большими скоростями, из-за повышенного сопротивления воздуха, расход топлива также увеличивается, как это видно на рис. 2. Если в уравнение (3) подставить максимальную скорость равную 115 км/ч, то расход топлива автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С будет составлять

$$H_a = \frac{288.7 + 0.0133 \cdot 291357}{115} + 0.00162 \cdot 115^2 = 27.4 \text{ л/100 км,}$$

т.е. увеличиться от нормированного значения на 55 %.

В Украинском законодательстве установлена надбавка к расходу топлива при движении за пределами города со скоростью более 90 км/ч в размере 5 %, но только для грузовых автомобилей. Для всех автомобилей предложено снижать расхода топлива от базовой нормы от -5 % до -30 % (в зависимости от вида транспортного средства и скорости движения). Как изменяется расход топлива в приказе Минтранса Украины схематично представлено на рис 3. Там же указано относительное изменение расхода топлива, которое получено по математической модели (1) /пунктирная кривая/.

Как видно из рис. 3 действующая на Украине методика занижает расход топлива при скоростях движения более 60 км/ч, во время как реальный расход топлива возрастает. Поэтому базовую норму расхода топлива при движении автомобилей с пониженными или повышенными скоростями необходимо значительно увеличивать.

На рис. 1 представлен график изменения нормы расхода топлива на транспортную работу, характер которого несколько отличается от базовой нормы. На малых скоростях, когда производительность транспортного средства небольшая, норму расхода топлива на транспортную работу необходимо увеличивать, а с увеличением скорости движения – уменьшать.

В действующей методике [4] предусмотрено корректирование расхода топлива в различных

условиях эксплуатации. Большинство из этих условий зависит от изменения режима работы

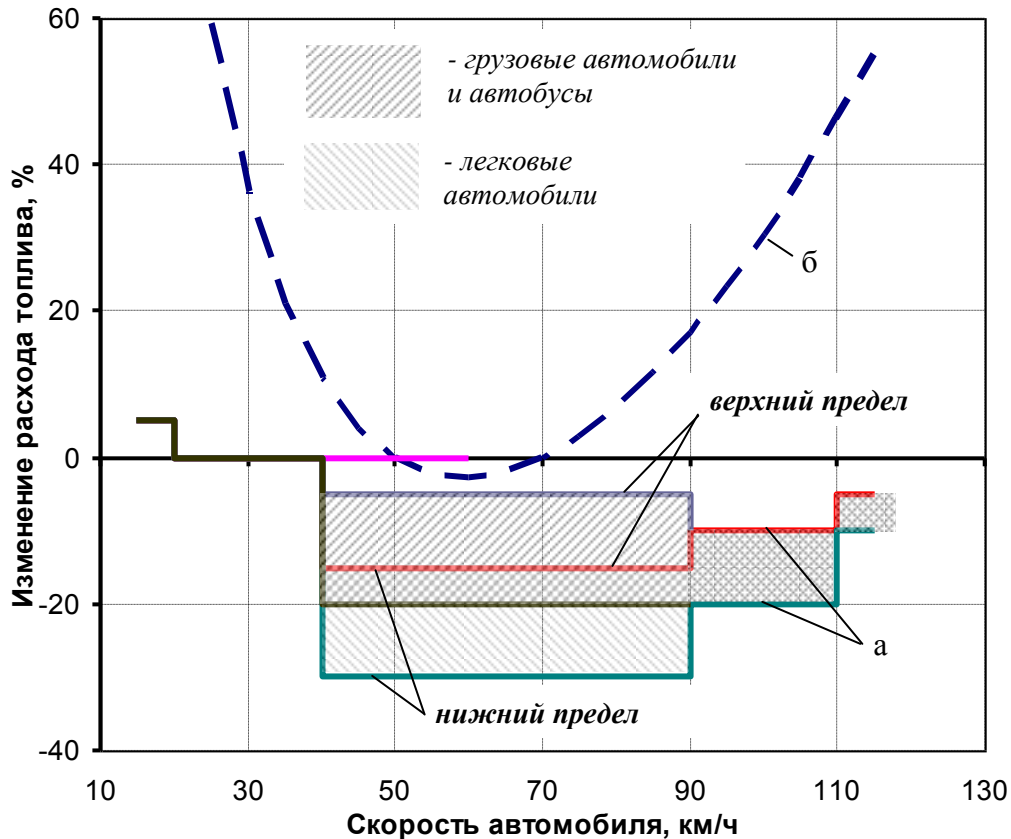


Рис.3. Изменение расхода топлива от скорости автомобиля по методике Минтранса Украины (а) и полученной математической модели (б)

транспортного средства, которое определяется скоростью движения. Это касается эксплуатации автомобилей в черте города, по дорогам со сложным планом, с частыми технологическими остановками, при учебной езде, выполнении неотложных служебных заданий и др. Привязка нормы расхода топлива к средней технической скорости, как это сделано в выражении (1), позволяет автоматически учесть большинство надбавок указанные в методике [4].

Повышение количества автомобилей на дороге и усложнение транспортных условий, что характерно для эксплуатации машин в городе, приводит к снижению средней технической скорости. Значения надбавок, значения которых не изменялось с 1998 года, явно не соответствует современным условиям мегаполисов. По данным [10] пропускная способность дороги достигает максимума при средней скорости транспортного потока в пределах 25...35 км/ч. В этих условиях расход топлива автомобиля ГАЗ-32213 «Газель» с двигателем УМЗ-4215С в среднем составит

$$H_a = \frac{2887 + 0.0133 \cdot 291357}{30} + 0.00162 \cdot 30^2 = 24 \text{ л/100 км.}$$

Тогда корректирующий коэффициент для работы в городе в час пик необходимо принимать равным 36 %, а в пределах скоростей 25...35 км/ч он будет изменяться от 60 % до 21 %. Конечно автомобиль не всегда эксплуатируется в городе в таких экстремальных условиях. Поэтому необходимо рассчитывать расход топлива исходя из средней технической скорости, которая может быть получена по маршрутному компьютеру, тахографу, GPS-трекеров и др. систем, по зависимостям (1) и (4).

Согласно приказа [4], почасовая работа грузовых автомобилей или их постоянная работа в качестве технологического транспорта предусматривает увеличение расхода топлива до 10 %. Возьмем для примера автомобиль ЗИЛ-431410, для которого установлена базовая норма расхода топлива 31 л/100 км. Если этот автомобиль будет использоваться как технологическое транспортное средство, то максимальный расход топлива составит: $31 \cdot 1.1 = 34.1$ л/100 км. Если учитывать перевозимый груз через норму расхода топлива на транспортную работу (2 л/100 т·км), то расход максимально загруженного автомобиля (6 т) составит: $31 + 6 \cdot 2 = 43$ л/100 км.

Отклонение расхода топлива в более чем 20 % для одного и того же автомобиля при одинаковых условиях перевозках, но рассчитанного по разным положениям методике, недопустимо.

На одном транспортном средстве может использоваться топлива с различными физико-химическими свойствами, что приводит к изменению расхода. Изменения свойств топлива может быть вызваны переходом на альтернативные системы топливоподачи или использования топлив разных производителей или марок. Сейчас нормы расхода не привязаны к качеству топлива. Необходимо вводить поправочные коэффициенты, корректирующие расход топлива, для всех видов альтернативного топлива, как это сделано для СНГ и СПГ. В формулах (2) физико-химические свойства топлива учитываются через два показателя: низшую теплоту сгорания и плотность топлива. Также изменяется индикаторный КПД двигателя, входящий в формулу (1), который отвечает за эффективность преобразования тепловой энергии в механическую.

Выводы. Действующая методика нормирования расхода топлива транспортных машин далека от совершенства, поэтому ее необходимо совершенствовать. Следует отдавать предпочтение научно-обоснованным детерминированным методом расчета базовой нормы расхода топлива, определяемой по математическим моделям, которые позволяют учесть как конструктивные особенности транспортных средств, так и специфику условий их эксплуатации.

Перспективы дальнейшего развития. В статье указаны лишь основные недостатки действующей системы нормирования расхода топлива и намечены основные пути дальнейшего совершенствования нормативной базы, путем интеграции расчетных моделей в методику нормирования расхода топлива.

1. Транспорт і зв'язок [електронний ресурс] // Державна служба статистики України. – Режим доступу: <http://www.ukrstst.gov.ua>.
2. Говорущенко Н.Я. Экономическая кибернетика транспорта [текст] / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. - Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. - 218 с.
3. Автомобильные грузовые перевозки. Структура составляющих себестоимости автоперевозок [электронный ресурс] // Склад законов. - Режим доступа: http://6pl.ru/Vlad_st/zp.htm.
4. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте [электронный ресурс] // Налоги и бухгалтерский учет : Информационно-аналитическая газета. — Режим доступа : http://www.nibu.factor.ua/info/Zak_basa/NormiGSM/.
5. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 г. № АМ-23-р [электронный ресурс] // Главбух : Бумажный и электронный журнал, сообщество, справочная система и онлайн-сервисы. — Режим доступа: <http://www.glavbukh.ru/doc/2126>.
6. Об установлении норм расхода топлива в области транспортной деятельности и признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [электронный ресурс] : Постановление Министерства транспорта и коммуникации Республики Беларусь, 6 января 2012 г. № 3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 31.07.2012, 8/26157 — Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=W21226157&p1=1>.
7. Приказ об утверждении Норм расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте N 172 от 09.12.2005 [электронный ресурс] // Contabil Set – Режим доступа : <http://www.contabilsef.md/libview.php?l=ru&idc=241&id=1347>.
8. Нормы расходов горюче-смазочных материалов и расходов на содержание автотранспорта [Электронный ресурс] // Пласт. — Режим доступа : <http://plast.com.kz/support/zakon/gsm.php>.
9. Automobil Revue 2007 : Русское издание Швейцарского автокаталога. – М.: ООО «Автомобиль-Ревю», 2007. – 400 с.
10. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [текст] / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХНАДУ, 1999. – 457 с.
11. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте [текст] / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с., ил., табл.
12. Положение о профилактическом обслуживании и ремонте транспортных машин (Методические рекомендации) [текст]. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 39 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2014

УДК 656

М.Є.Кристончук

**Національний університет водного господарства та природокористування
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА РОЗПОДІЛ ПАСАЖИРСЬКИХ
КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ПО МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ**

Проаналізовано підходи до вивчення попиту на послуги пасажирського транспорту у містах. Наведено результати дослідження факторів впливу на формування та розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі міст

Ключові слова: пасажирський транспорт, кореспонденції, маршрутна мережа, попит на транспортні послуги

Рис 4. Форм 3. Літ 8.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАССАЖИРСКИХ
КОРЕСПОНДЕНЦИЙ ПО МАРШРУТНОЙ СЕТИ**

Представлен анализ подходов к изучению спроса на услуги пассажирского транспорта в городах. Приведены результаты исследования факторов влияния на формирование и распределение пассажирских корреспонденций по маршрутной сети городов

Ключевые слова: пассажирский транспорт, корреспонденции, маршрутная сеть, спрос на транспортные услуги

**RESEARCH FACTORS IMPACT ON THE DISTRIBUTION OF PASSENGER
CORRESPONDENCE RELATING TO THE ROUTE NETWORK**

The analysis of current approaches to the study of demand for passenger transport in urban areas was done. The results of the study of factors influencing the formation and distribution of correspondence on passenger route network bridge presented in this article. We found significant factors in determining the structure of movement by different social groups of the urban population. Established feasibility of incorporation choice mode of travel when making changes to the existing route network

Key words: passenger transport, correspondence, route network, the demand for transport services

У транспортному обслуговуванні населення міст домінуюче положення займає міський пасажирський транспорт. Функціонування сучасного міста неможливо уявити без розвиненої системи міського пасажирського транспорту, рівень ефективності якої багато в чому визначає умови життя людей і впливає на результати їхньої праці на основному виробництві. Системи міського пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі пасажирського транспорту, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці та концентрацією виробництва. Зміни в житті України призвели до значної модифікації структури потреб населення в перевезеннях і перебудові маршрутних систем більшості українських міст, яка найчастіше носила стихійний характер. У той же час прийняття рішень про зміну маршрутних систем являє собою складну задачу, що торкається інтересів великої кількості городян та має значне соціальне й економічне значення.

Стійкість та безпека функціонування транспортного комплексу міста є однією з головних задач при розробці стратегії розвитку населеного пункту. Відсутність потенційних можливостей зміни характеристик вулично-дорожньої мережі чи умов організації руху по ній при зростаючих транспортних навантаженнях стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи транспортної інфраструктури.

Об'єктом дослідження прийнято маршрутну мережу м. Рівне та пасажирські кореспонденції по ній. У м. Рівне функціонує система перевезень, яка забезпечує сполучення між усіма мікрорайонами міста практично без пересадок. Реалізація такої системи забезпечує зручність і більшу швидкість пересування пасажирів по місту. Час пересування пасажирів (час руху, висадки-посадки) з будь-якого району в центральну частину Рівного в основному не перевищує 25 хв. (середня швидкість пересування становить 20 - 22 км/год. лише іноді перевищуючи 40 км/год.). Середня відстань до зупинок транспорту громадського користування в більшості випадків відповідає нормативним показникам і становить до 400 - 600 м в центрі, до 500 - 800 м в районах забудови та в районах малоповерхової забудови. Час руху пасажирів пішки з дому чи від місця роботи до найближчої зупинки становить 7-11 хвилин. Середній час очікування на зупинці - від 5

до 10 хвилин. Загальні затрати часу на поїздки з будь-якого мікрорайону в центр не перевищують рекомендованого значення - 45-ти, а часто 30-ти хвилин.

В місті склалась досить насичена рухомим складом розгалужена мережа маршрутів, на яких автобуси працюють в режимі маршрутного таксі. Маршрути сполучення поєднують всі райони з центром міста. Практично існуюча мережа маршрутів та її насиченість рухомим складом задовольняє потреби населення в перевезеннях. Нині в м. Рівне нараховується 36 міських автобусних маршрутів, на яких автобуси обслуговують пасажирів в режимі маршрутного таксі. На маршрутах використовуються в основному автобуси категорії М3 класу І з малою пасажиромісткістю – „БАЗ”, „Богдан”. Щоденно вони виконують до 5000 оборотних рейсів. Середня довжина маршруту по маршрутній мережі складає 10,5 км. В місті функціонує також 9 тролейбусних маршрутів. На більшості маршрутів спостерігається суттєве перевантаження транспорту у пікові години.

Транспортна мережа міста перенасичена автобусами малої місткості, що створює несприятливу обстановку на вулицях міста, особливо в центральній частині, з точки зору безпеки руху, підвищеному забрудненню навколишнього середовища відпрацьованими газами. При цьому виникає проблема перевантаження зупинок, що призводить до утворення черг транспортних засобів, заторів, погіршення безпеки руху.

Використання значної кількості автобусів даної категорії без урахування фактичної напруженості пасажиропотоків на маршрутах призвело до деформації структури парку транспортних засобів, внаслідок чого більше 95% рухомого складу на маршрутах складають автобуси малого класу. Для розвантаження найбільш напружених ділянок транспортної мережі вкрай необхідне залучення автобусів великої і особливо великої місткості.

Одним із шляхів виходу із цієї ситуації є формування раціональної маршрутної системи міста. Під час формування раціональної маршрутної системи міста мають бути враховані наступні вимоги:

- міські маршрути повинні зв'язувати найкоротшим шляхом пасажиро-утворюючі пункти міста, промислові підприємства, вокзали, ринки, центр міста тощо;
- кількість маршрутів має відповідати потребі пасажирів у безпересадочних сполученнях;
- рівномірна завантаженість маршрутів по всій довжині;
- скоординованість міських маршрутів з приміським сполученням.

Врахування названих вимог щодо раціоналізації маршрутної системи дозволить:

- шляхом раціонального розподілу транспортних засобів між маршрутами розосередити їх за основними пасажироутворюючими напрямками;
- ліквідувати ділянки транспортної системи, які дублюються автобусами, тролейбусами та мікроавтобусами;
- підвищити середній коефіцієнт використання місткості з дотриманням належного рівня комфортності.

Аналіз попиту на перевезення доцільно здійснювати згідно з класичною чотирьох-етапною схемою [3, 7], як вказано на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема процесу вивчення попиту на перевезення пасажирів

Традиційний підхід до визначення місць концентрації поїздок полягає у використанні "синтетичних" моделей. Однією з найбільш широко використовуваних є гравітаційна модель, заснована на фізичному законі. Гравітаційна модель ґрунтується на твердженні, що величина потоків, як значення функції, зменшується при збільшенні відстані між зонами транспортного обслуговування. При цьому розглядається гіпотеза про те, що поїздки між зонами i та j – це функція двох змінних: поїздок, які утворюються в зоні i , та відносної привабливості або доступності зони j по відношенню до всіх зон [3, 4, 7, 8].

В загальному випадку, задаються обсяги генерування поїздок T_i , отже об'єм кореспонденцій T_{ij} для фіксованої зони i повинен бути рівним T_i , тобто відповідати обмеженню:

$$T_i = \sum_j T_{ij}, \quad \forall i. \quad (1)$$

В такому випадку гравітаційна модель набуває вигляду:

$$T_{ij} = T_i \frac{X_j^\alpha f(t_{ij})}{\sum_{j=1} X_j^\alpha f(t_{ij})}, \quad \forall i, j, \quad (2)$$

де X_j^α - певний вимір рівня привабливості зони призначення j ;

$f(t_{ij})$ - функція відстані або узагальненої вартості пересування c_{ij} між зоною походження i та призначення j , що може бути задана деякими альтернативними формами.

Для практичного рішення задач транспортного планування більш перспективним є підхід „модельовання поведінкового попиту”, який виступає альтернативою ентропійного підходу і базується на понятті функції привабливості (корисності).

Модельовання поведінкового попиту часто використовують, коли йдеться про потребу індивідуумом деяких послуг, які характеризуються набором значень різнорідних параметрів. Уперше цей підхід у транспортних дослідженнях був використаний Мак-Фадденом і Бен-Аківою [1 - 4].

Сутність його полягає у тому, що при розгляді множини альтернативних шляхів кожному з них ставиться у відповідність деяка величина, яка називається привабливістю (чи узагальненою вартістю) і залежить від параметрів, які характеризують цей шлях. Параметри, які характеризують альтернативу, відповідають параметрам транспортного обслуговування (час пересування, кількість пересадок, комфортність тощо). Вважається, що ймовірність вибору альтернативи визначається значенням привабливості. При цьому вважається, що кожний індивідуум, обираючи шлях, мінімізує свої індивідуальні суб'єктивні витрати (максимізує свою індивідуальну суб'єктивну привабливість) і враховується той факт, що привабливість це альтернатива і може мати різні значення для різних індивідуумів. Це пояснюється тим, що представники різних груп населення по різному відносяться до параметрів пересування (наприклад, деякі надають перевагу доїхати швидше, інші – зробити якнайменше пересадок).

Функція привабливості маршрутів досліджувалась у роботах [3, 4]. Керуючись результатами досліджень [3] вона набуває вигляду:

$$f_n = \left(\frac{\tau_{n0}}{\tau_n}\right)^{0,14} \times \left(\frac{q_n}{q_{n0}}\right)^{0,23} \times \left(\frac{T_{n0}}{O_n}\right)^{1,69} \quad (3)$$

де τ_n – час сполучення по ділянці на маршруті n , год.;

τ_{cp} – середній час сполучення на маршрутах що проходять по ділянці, год.;

q_n – рівень наявності вільного місця у салоні ТЗ на маршруті n , пас./м²;

q_{cp} – середній рівень наявності вільного місця в салоні ТЗ на маршрутах, що проходять по сполученій ділянці, пас./м²;

T_n – тариф на маршруті n , грн.;

T_{cp} – середній тариф на маршрутах що проходять по ділянці, грн.

Виходячи з аналізу сучасного стану пасажирського транспорту і ринкових умов, в яких працюють транспортні підприємства, в дослідженнях при удосконаленні міських пасажирських перевезень, тариф є варіативною величиною. Величина тарифів повинна забезпечувати відшкодування витрат автотранспортного підприємства, але при цьому процес підготовки пропозицій зі встановлення тарифів і їх затвердження пов'язаний також з необхідністю

враховувати соціально-економічні інтереси громадян, тобто споживчу вартість транспортних послуг. З цією метою було проведено дослідження факторів впливу на розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі.

Опитування мешканців м. Рівне було проведено з метою виявлення факторів, що впливають на задоволеність у пасажирських автотранспортних послугах. У процесі опитування мешканцям потрібно було назвати фактори, що не дозволяють їм повністю задовольнити потреби в пересуваннях пасажирським автотранспортом. Для визначення факторів, які найбільше не відповідають вимогам пасажирів до транспортних послуг, було виділено соціальні групи населення, представники яких мають різну рухливість. Для вирішення поставленого завдання була розроблена анкета, в ході обстеження було заповнено 850 анкет. До факторів, що підлягали дослідженню, віднесено: вартість проїзду; інтервали руху; відмова в посадці; заповнення салону; витрати часу на підхід до зупинки; необхідність здійснення пересадок; безпека руху

З метою визначення значущості чинників, що впливають на задоволення пасажира при здійсненні поїздки, при обробці даних ранжирування застосовували метод рангової кореляції [1, 2, 5, 6, 8]. У результаті була побудована діаграма значущості чинників для всієї сукупності жителів міста (рис. 2). З діаграми рис. 2, видно, що найбільш вагомим чинником для населення є вартість проїзду.

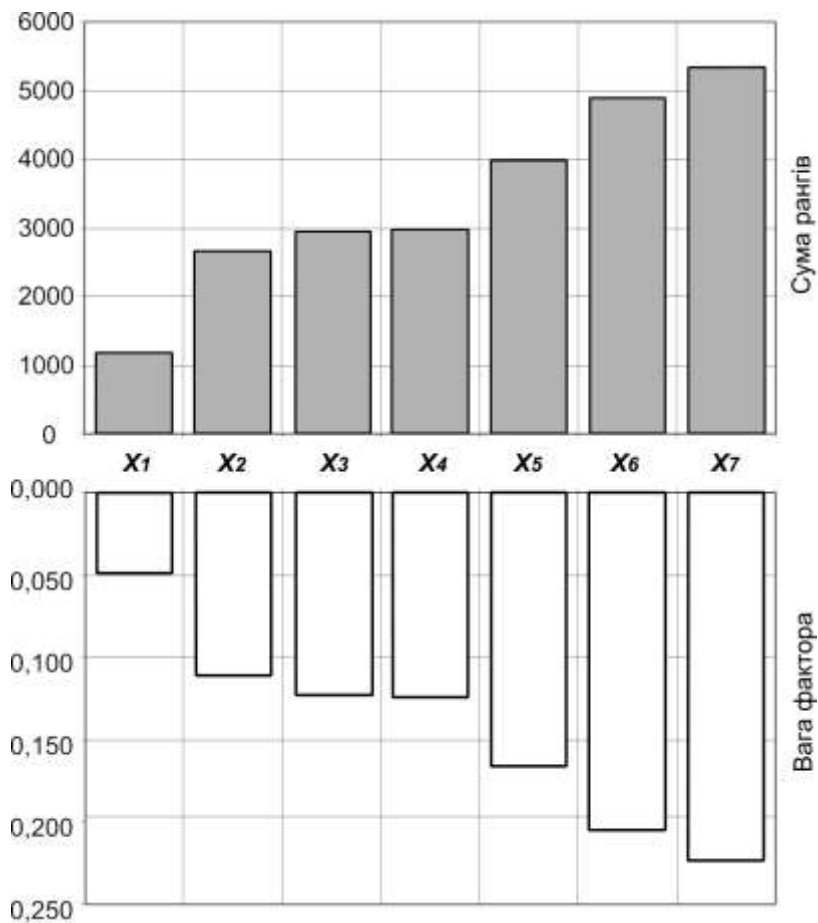


Рис.2. Діаграма вагомості факторів, що впливають на задоволеність пасажирів у перевезеннях:

X1 – вартість проїзду; X2 – великі інтервали руху; X3 – відмова в посадці; X4 – заповнення салону; X5 – витрати часу на підхід до зупинки; X6 – необхідність здійснення пересадок; X7 – безпека руху

Далі для кожної з груп окремо проводили обробку даних ранжування, в результаті чого були побудовані діаграми вагомості факторів, що впливають на задоволення пасажирів транспортними послугами (рис. 3, 4). Результати обробки даних опитування свідчать, що пасажирів містотвірної групи населення «Студенти вузів та технікумів» перш за все не задовольняє вартість поїздки. Наступним за вагомістю для даної групи є чинники: великі інтервали руху; відмова в посадці;

заповнення салону. У пасажирів містотвірної групи населення «Робітники і службовці» пріоритети інші. Крім вартості поїздки, для них важливі зручність і час пересування, що виходить з рівня доходу цієї групи населення.

На наступному етапі була проведена оцінка ступеня погодження думок експертів з використанням коефіцієнта конкордації Кендела.

За значенням коефіцієнта конкордації, яке склало 0,69 для всієї сукупності жителів; 0,74 – для містотвірної групи населення «Студенти вузів та технікумів» та 0,78 - для містотвірної групи населення «Робітники і службовці», видно, що спостерігається погодженість думок експертів як для всієї сукупності пасажирів, так і для їх груп.

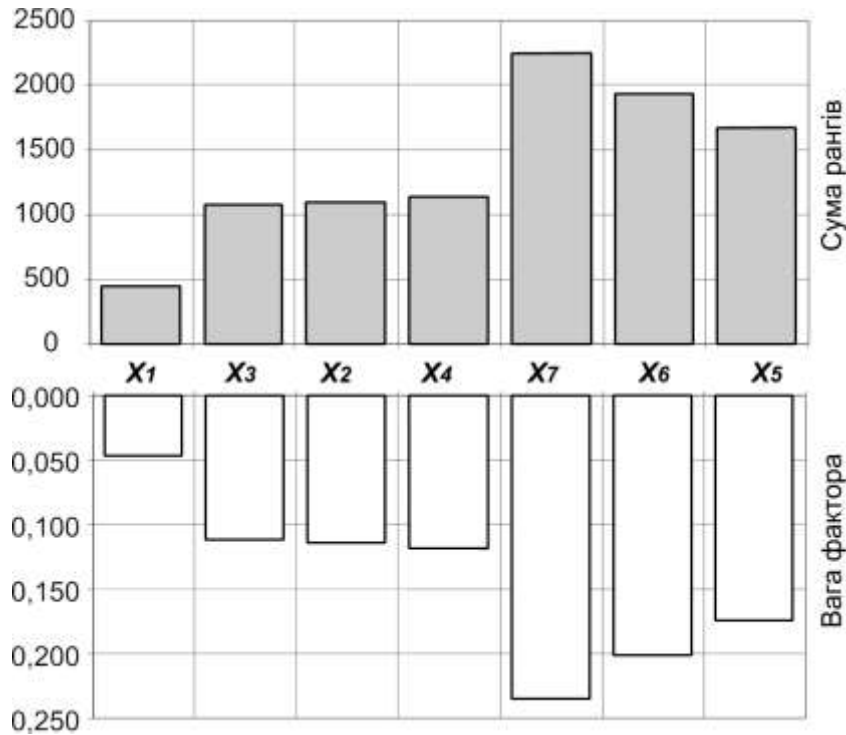


Рис . 3. Діаграма вагомості факторів транспортних послуг для містотвірної групи населення «Студенти вузів та технікумів»

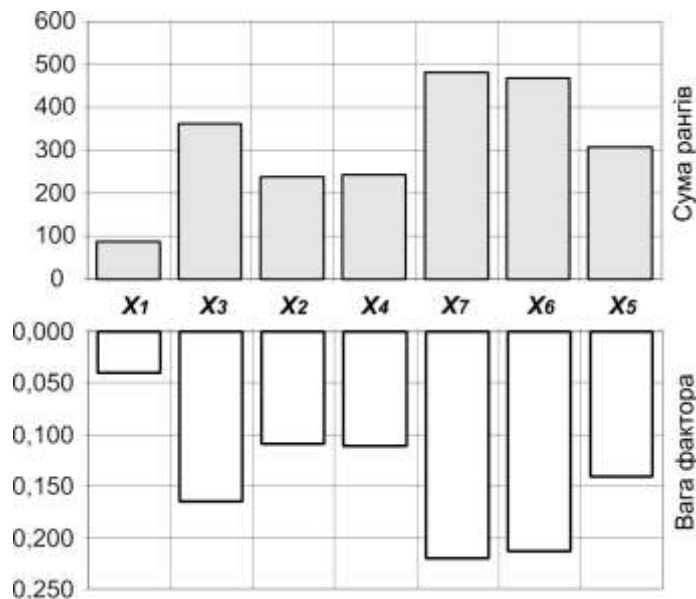


Рис.4. Діаграма вагомості факторів транспортних послуг для містотвірної групи населення «Робітники і службовці»

Таким чином можна зробити висновок, що на сьогоднішній день рівень транспортних послуг, що пропонуються пасажирським автотранспортом, не відповідає повною мірою вимогам пасажирів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є оновлення транспортних засобів, вибір такої пасажиромісткості транспортних засобів і їх кількості, яка задовольнить вимоги пасажирів. Крім цього, варто звернути увагу на розташування зупинок пасажирського транспорту, особливо в мікрорайонах високоповерхової забудови.

1. Вакуленко К.Є. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / К.Є. Вакуленко; [ХНАМГ]. – Харків, 2009. – 24 с.
2. Вакуленко К.Є. Щодо вибору марки транспортного засобу на маршрутах міста з врахуванням вимог учасників транспортного процесу / К.Є. Вакуленко // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – Донецьк: ДІАТ. – 2009. – Вип. 1. – С. 51-57.
3. Доля В. К. Пасажирські перевезення [Текст] : підручник / В. К. Доля. – Харків: Видавництво «Форт», 2011. – 504 с.
4. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія / М. Є. Кристопчук. – Рівне : НУВГП, 2012. – 158 с.
5. Санько Я.В. Довгострокове прогнозування обсягів перевезень пасажирів трамваєм з урахуванням впливу зовнішнього середовища (на прикладі ХКП «Міськелектротранс») [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / Я.В. Санько; [ХНАМГ]. – Харків, 2010. – 23 с.
6. Санько Я.В., Григоров М.А. К прогнозированию параметров элементов транспортных систем / Я.В. Санько, М.А. Григоров // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 4/2(28). – С. 54-56.
7. Звіт про структуру маршрутів громадського транспорту та планування мережі: Проект у сфері міського транспорту м. Львів - удосконалення регулятивного середовища для міської транспортної системи.- Львів, 2011. – 63 с
8. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М.Ф.– Кн. I: Основи теорії транспортних процесів і систем / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук.- К.: Знання України, 2005. - 344 с.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014

УДК 621.762

Ю.В.Куц, О.Ю.Повстяной
Луцький національний технічний університет
СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУР ЗА ДОПОМОГОЮ
КОМП'ЮТЕРНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИКЛАДНИХ
ПРОГРАМ

Дано комплексний аналіз сучасним методам досліджень мікроструктур пористих проникливих матеріалів. Показано можливості та оцінку сучасного програмного забезпечення для комп'ютерних засобів дослідження при обробці металографічних зображень.

Ключові слова: мікроструктура, комп'ютерне матеріалознавство, пористий матеріал, візуалізація.

Рис. 7. Літ 16.

Ю.В.Куц, А.Ю.Повстяной
Луцкий национальный технический университет
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ С ПОМОЩЬЮ
КОМПЬЮТЕРНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ
ПРОГРАММ

Дано комплексный анализ современным методам исследований микроструктур пористых проницаемых материалов. Показаны возможности и оценка современного программного обеспечения для компьютерных средств исследования при обработке металлографических изображений.

Ключевые слова: микроструктура, компьютерное материаловедение, пористый материал, визуализация.

Yu.Kuts, O.Povstyanoy
Lutsk national technical university
MODERN METHODS OF USING MICROSTRUCTURE COMPUTER MATERIALS USING
APPLICATIONS PROGRAMS

Presented the comprehensive analysis of modern methods of research of porous microstructures insightful material. Possibilities and evaluation of advanced software tools for computer research in the processing of metallographic images.

Keywords: microstructure, computer materials science, porous material, visualization.

Постановка проблеми.

Стрімкий розвиток обчислювальної техніки і методів цифрової обробки зображень останнім часом дав можливість значно розширити автоматизацію науково-дослідних робіт в багатьох областях науки і техніки. Макроскопічна поведінка матеріалу безпосередньо залежить від особливостей його мікроструктури. Кількісний підхід при аналізі дозволяє виявити ту оптимальну структуру, яка в найбільшій мірі відповідає умовам служби матеріалу.

З іншого боку, успішне вирішення основних задач розвитку промисловості світу на сучасному етапі визначається підвищенням конкурентоспроможності продукції, яку випускають. Це висуває високі вимоги до чистоти матеріалів, рідких та газоподібних робочих середовищ технологічних процесів, надійність та довговічність роботи машин, приладів та пристроїв тощо [1].

Порошкова металургія кожним новим розробленим технологічним процесом демонструє переваги, які дозволяють отримувати матеріали з кращими або зовсім новими властивостями, або виготовляти вироби найбільш економічно вигідним способом. До таких виробів відносять пористі проникливі матеріали (ППМ), які використовуються практично у всіх галузях промисловості [2].

Створення та розробка нових, вискоелективних ППМ неможлива без вимірювання та контролю властивостей вихідних порошків і готових виробів. ППМ характеризуються рядом структурних та експлуатаційних параметрів, які, зазвичай, визначаються властивостями вихідних порошків та технологією їх виготовлення. До важливих характеристик ППМ відносять: пористість, її розподіл по об'єму ППМ, її вид (відкрита, закрита, тупикова); форма, розміри пор (середні та максимальні), коефіцієнт звивистості пор; коефіцієнт регулярності пористої структури; коефіцієнт проникливості; питома поверхня; механічна міцність, корозійна стійкість та ін. [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вивчення структурних характеристик ППМ — одна з ключових задач сучасного матеріалознавства, на основі якої базується процес створення нових та покращення властивостей вже існуючих матеріалів. Реалізація високоякісного металографічного аналізу пов'язана з

відомими труднощами, що зумовлені великими фізичним навантаженням на організм дослідника (зокрема органи зору), суб'єктивністю спостережень та невеликою швидкістю процесу дослідження. Застосування приладів, які працюють на основі лінійної механічної розгортки оптичних об'єктів вносить свої обмеження на інтерпретацію сигналів, що одержуються, а також позбавляє можливості „інтелектуального” втручання в процес вимірів [4, 5].

Так як невеликі зміни при аналізі та обробці зображень мають великий вплив на подальшу долю готового виробу, методи неруйнівного та швидкого контролю, які визначають та аналізують дані зміни, можуть бути успішно використані як інструмент контролю якості продукту [6].

По самій суті, оцінка властивостей структури ППМ має подвійну мету – з одного боку, це оцінка адекватності процесу управління структурою, з іншого боку, це забезпечення оптимальної продуктивності готового виробу.

Вивчення можливостей та оцінки сучасного програмного забезпечення для комп'ютерних засобів дослідження металографічних зображень з метою визначення якісних та кількісних характеристик ППМ продиктовано науковими та виробничими задачами, які виникли в сучасному матеріалознавстві.

Металографічні зображення можуть бути представлені комбінацією різноманітних структурних складових при різному співвідношенні: фазами, які характеризуються різноманітними розмірами, формою та кольором, а також межами зерен, що можуть бути представлені або окремими лініями на зображенні, або покривати зображення безперервною сіткою. Комбінація цих структурних складових може дати дуже складну картину, для інтерпретації якої програма, що аналізує, повинна володіти чималою часткою правильності виконання. Тому основну вимогу до якісного аналізу зображень можна сформулювати і поставити так: на отриманій під мікроскопом фотографії необхідно виділити структурні складові, а після цього класифікувати їх по яскравості, розміру та формі. Практична реалізація цього питання включає в себе такі задачі, які вже стали класичними, як сегментація, фільтрування недоліків та виділення об'єктів з фону, визначення меж об'єктів, розпізнавання образів [7]. Для успішного проведення металографічного аналізу основним залишається питання надійності сегментації зображення. Із-за складності металографічних зображень немає жодної можливості заздалегідь визначити характеристики об'єктів. Тому процес сегментації повинен бути адаптивним і по можливості виділяти на зображенні всі об'єкти, які цікавлять, незалежно від їхніх розмірів або яскравості. При цьому повинна залишатись можливість втручання оператора в процес розпізнавання, принаймні для корекції об'єкту [8].

Тому, вивчення і вдосконалення металографічних методів та комп'ютерних засобів для вимірювання, аналізу, визначення, обробки, та прогнозування властивостей та структури ППМ є досить актуальною та практичною задачею.

Основна частина.

Сучасний етап розвитку програмного забезпечення характеризується разом з підвищенням функціональності і такими тенденціями, як:

- ✓ простота в експлуатації;
- ✓ збільшення продуктивності самою системою;
- ✓ зниження вимог до професійного рівня користувача.

На сьогоднішній день існує багато різноманітних прикладних програм для аналізу зображень. Самими успішними стають продукти, які найбільш зрозумілі в експлуатації.

Зі врахуванням функціональних можливостей серед різноманіття програмного забезпечення для аналізу зображень найбільш успішними є наступні прикладні програми - „**PHOTOM**”, „**OPTIMAS**”, „**ВИДЕОТЕСТ**”, „**IMAGE EXPERT PRO**”, „ **AVIZO**”, „**SMART-EYE**” та багато інших.

В арсеналі даних програм є всі необхідні для обробки технічних зображень алгоритми [9]: високочастотного та низькочастотного фільтрування, виділення меж зображень, арифметичних та логічних операцій, корекції яскравість/контраст та ін. Обробка зображення в даному випадку спрямована не на покращення візуального сприйняття, а на його підготовку до подальшого аналізу.

В арсеналі даних сучасних програм є всі необхідні для обробки технічних зображень алгоритми [10-12]: високочастотного та низькочастотного фільтрування, виділення меж зображень, арифметичних та логічних операцій, корекції яскравість/контраст та ін. Обробка

зображення в даному випадку спрямована не на покращення візуального сприйняття, а на його підготовку до подальшого аналізу.

На основі аналізу вище приведених алгоритмів дані програми дозволяють обчислити середню яскравість кожного об'єкту за шкалою яскравостей, що визначена у системах. За допомогою даної схеми у всіх прикладних програмах даної специфіки запропоновано наступну послідовність алгоритмів для обробки і одержання характеристик металографічної структури:

1. Фільтрування зображення з метою вилучення випадкового шуму.
2. Попередня сегментація, яка направлена на виділення однорідних областей.
3. Корекція об'єкту з метою визначення порогу яскравостей.
4. Остаточна сегментація з використанням визначеного фонового значення, що дозволяє повністю визначити об'єкти.
5. Аналіз виділених об'єктів з метою визначення їхніх параметрів.

Кінцевою задачею металографічного аналізу слід вважати статистичну обробку отриманих в процесі вимірювання характеристик об'єктів, визначення середніх значень цих величин, а також побудова графічних залежностей для візуалізації процесу аналізу.

Найбільш простою у користуванні та визначенні даних характеристик є програма „**PHOTOM**”, яка призначена для фотометрії. Завантаження чорно-білих зображень здійснюється у форматі .BMP та .JPG. Дана програма здійснює розрахунок оптичної густини фотографій, яка розраховується з урахуванням фону як по середньому (по виділеній області), так і по окремій фотографії (рис.1).

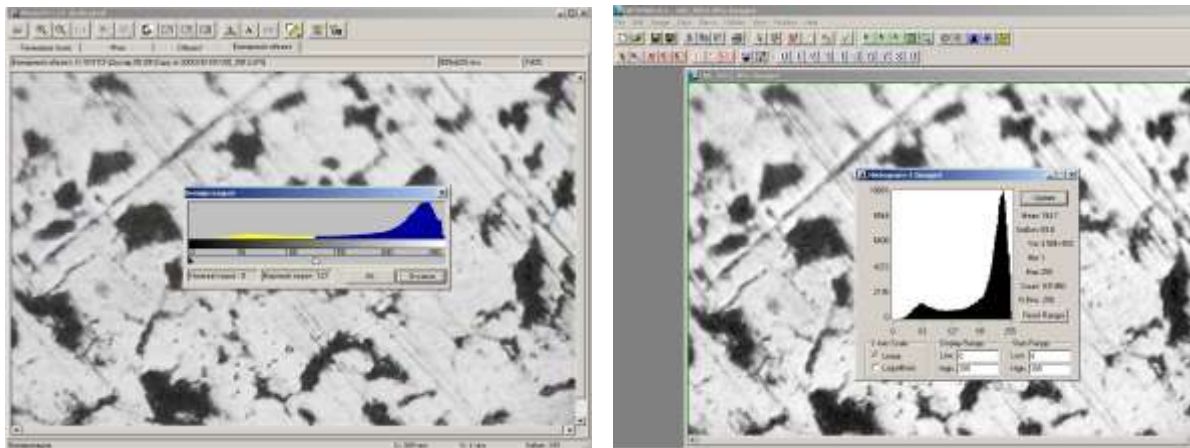


Рис.1 Генерування бінарного зображення та побудова гістограм аналізу структури мікрошліфу пористого проникливого матеріалу отриманого з порошку сталі ШХ15

Крім розрахунку оптичної густини можна інвертувати, збільшувати контраст та згладжувати зображення, генерувати бінарне зображення, визначати відстані між об'єктами та здійснювати розрахунок площі необхідної області на фотографії. Також передбачений режим калібрування для перерахунку всіх координат в метричні одиниці (мікрони).

Аналізатор зображень „**OPTIMAS**” являє собою інтеграцію сучасних методів по обробці зображень, які створені на базі потужних математичних методів перевірених на практиці. Ряд унікальних функцій і методів роботи розроблені спеціально для даної програми: створені дві панелі керування: стандартні настройки і настройки користувача - стандартна дає кнопочний доступ до обробки файлу, буфера обміну та друкуючих дій, настройка користувача дозволяє призначати аж до двадцяти інших макрокоманди до панелей користувача; існує автоматичний поріг для багатофазових зображень; можливість відображення гістограми, завдяки використанню більш гнучкого та функціонального інструментального засобу графічного дисплею гістограми (рис.2); підтримання автоматичної сегментації зображення у конкретизованій кількості інтенсивності.

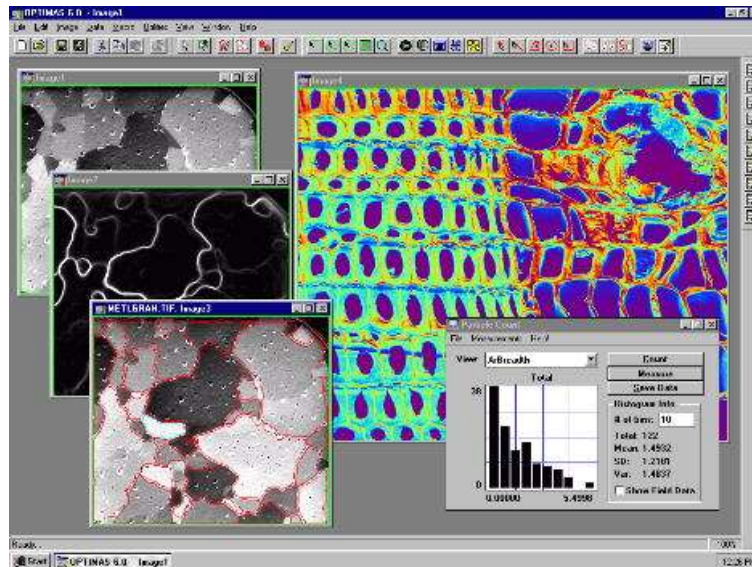


Рис.2 Підтримання автоматичної сегментації зображення з відображенням зон частинок порошку пористого проникливого матеріалу

Вмонтований механізм автоматизації абсолютно прозорий для користувача і дозволяє без надмірних зусиль на програму накопичувати та аналізувати дані з багатьох точок зору, отримувати інтегральні характеристики та порозподілення.

Результатом роботи програми „*IMAGE EXPERT PRO*” є отримання якісних та кількісних характеристик структур. Для матеріалознавця в даному випадку може бути розподілення зерен за балами, процентне відношення фаз у структурі, кількість включень та розподілення їх за розміром і формою, аналіз текстур, пористості та ін. Цей аналізатор металографічних зображень дозволяє створювати і зберігати схеми дій, які виконуються над зображеннями, а потім застосовувати ці схеми до подібних зображень. Отримані дані можуть бути представлені також у вигляді гістограм, а також таблиць, зображень, середніх або загальних даних за всіма об'єктами або індивідуально по кожному.

До нововведень, на відміну від попередніх програм, можна віднести: вмонтовано засоби роботи з відеокамерою, можливість калібрування оптичної системи комплексу, динамічний режим перегляду для більшості методів, автоматичне розділення перекриваючих об'єктів, комплексне відображення результатів, тонка настройка режимів виводу результатів і особлива відмінність – можливість повністю автоматичного формування якісного різкого зображення трьохмірності об'єкту (рис.3).

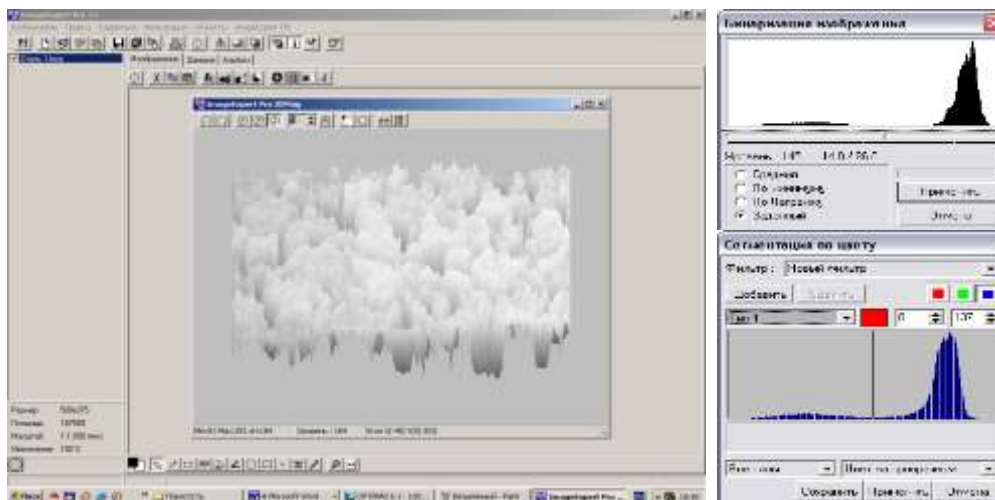


Рис.3 Автоматичне формування якісного зображення трьохмірності об'єкта структури мікрошліфу пористого проникливого матеріалу з представленням результатів

Суттєвою відзнакою програми „**ВИДЕОТЕСТ VT4**” від представлених, в яких процес сегментації побудований за принципом адаптивної бінаризації, є розподіл об’єктів по визначеній їхній середній яскравості (рис.4).

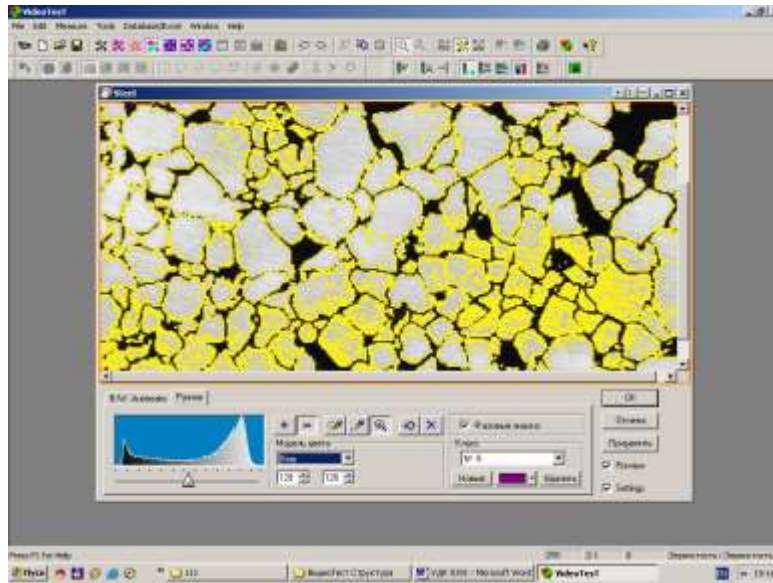
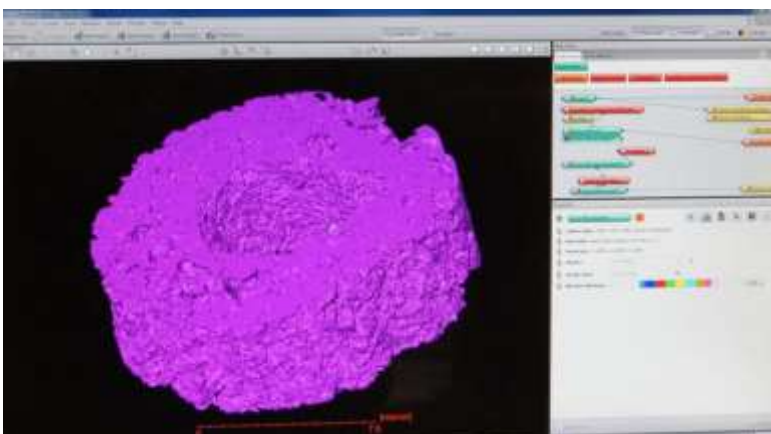


Рис.4 **Визначення розподілу об’єктів зображення по їх середній яскравості за допомогою програми „ВИДЕОТЕСТ VT4”**

Відмінністю даної програми є можливість визначення фазового аналізу будь-якого матеріалу, нанесення на зображення масок для визначення розміру пор та пористості сплаву. Специфічною особливістю даного програмного продукту є можливість управління процесом росту тонкоплівочного покриття зі стабільними функціональними властивостями.

Багато задач промислового контролю та проектування вимагають отримання даних про геометричні форми об’єктів у тривимірному просторі. Для вирішення цих задач широко застосовуються безконтактні методи вимірювань, серед яких найбільш успішними є оптичні методи [13-14].

Утворення 3D-зображення за допомогою програмного середовища «**AVIZO**» здійснюється шляхом накладання плоских поперечних розрізів відповідного діапазону по висоті готового пористого порошкового матеріалу (рис.5).



а)



б)

Рис.5 **Візуалізація отриманого зображення поперечного перерізу пористого порошкового матеріалу: а) 3D-зображення з використанням AVIZO); б) рентгенограма**

Суть роботи «**AVIZO**» ґрунтується на системному розумінні морфології та мікроструктури дослідного зразка. Ці знання мають першочергове значення при оцінці якості готового продукту. Для повної та якісної оцінки зразка необхідно визначити та дослідити основні морфологічні параметри структури, а саме:

- ✓ визначення кількості частинок різного розміру та форму;
- ✓ визначення структурних дефектів зразка;
- ✓ визначення форми пор та форми частинок;
- ✓ визначення загального розподілу пор у розрізі та по всьому об'єму;
- ✓ визначення загального розподілу певних форм частинок по периметру і об'єму.

Взагалі якісний аналіз зображення готового виробу – пористого проникливого матеріалу – проводиться з метою визначення таких параметрів об'єктів як середня яскравість, периметр, площа, мінімальний та максимальний діаметри, фактор форми, коефіцієнт форми та ін. [15-16]. За допомогою іншої прикладної програми «**SMART-EYE**®» можливо визначити дані характеристики, необхідні для якісної та кількісної оцінки структури будь-якого матеріалу, в тому числі і пористого (рис.6).

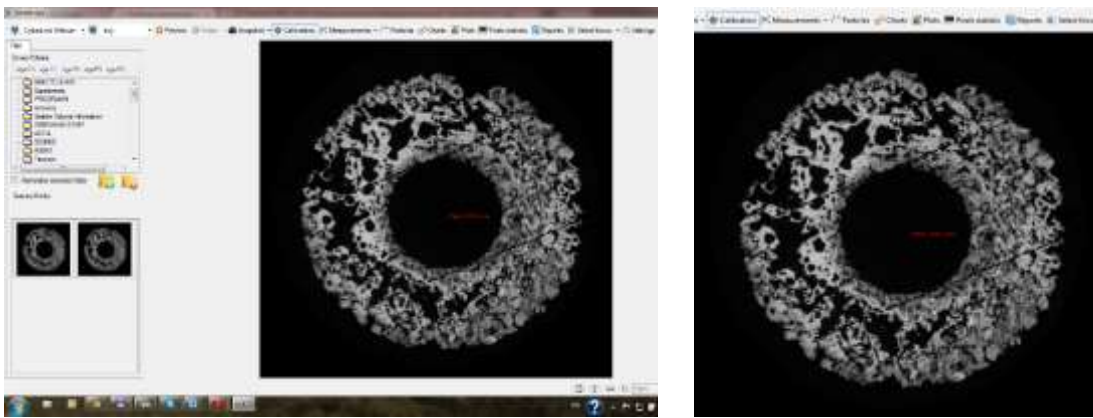


Рис.6. Процес калібрування зразка та введення реальної розмірності за допомогою програми «**SMART-EYE**®»

Кінцевою задачею металографічного аналізу за допомогою «**SMART-EYE**®» слід вважати статистичну обробку отриманих в процесі вимірювання характеристик об'єктів, визначення середніх значень цих величин, а також побудова графічних залежностей для візуалізації процесу аналізу (рис.6).

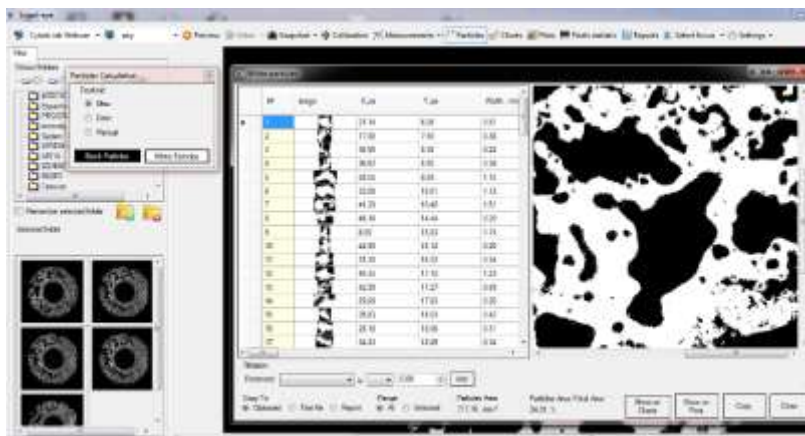


Рис. 7 Визначення форми та розмірів пор дослідного зразка

Для того, щоб отримати більш адекватну оцінку отримання результатів за допомогою «**SMART-EYE**®» необхідно провести бінарізацію зображення. Суть бінарізації заключається у

розгляді всієї безлічі ймовірних варіантів декількома незалежними полями. У даному випадку, бінарізація полягає у перетворенні сірої картинки зображення мікрошліфа у растрову чорно-білу картинку.

Висновки.

Таким чином, описані програмні продукти для металографічного аналізу „**PHOTOM**”, „**OPTIMAS**”, „**ВИДЕОТЕСТ**”, „**IMAGE EXPERT PRO**”, „**AVIZO**”, „**SMART-EYE**®” є досить ефективними при вирішенні складних задач сучасного комп’ютерного матеріалознавства. Дані програмні забезпечення для аналізу мікрозображень – це універсальний інструмент для якісного аналізу зображення в науці та на виробництві, в рівній мірі незамінний як при аналізі лабораторних структур, так і при кількісному аналізі у відповідності з українськими та міжнародними стандартами.

1. Витязь П.А. Пористые порошковые материалы и изделия из них / Витязь П.А., Капцевич В.М., Шелег В.К. – Минск.: Вышэйшая школа, 1987. – 161 с.
2. Пористые порошковые материалы с анизотропной поровой структурой для фильтрации жидкостей и газов / Мазюк В.В., Пилиневич Л.П., Рак А.Л., Савич В.В., Тумилович М.В.; под ред. Витязя П.А. – Минск.: Тонпик, 2005. – 251с.
3. Пористые проницаемые материалы / Белов С.В., Витязь П.А., Шелег В.К. [и др.]. / Справочник. – М.: Металлургия, 1987. – 332 с.
4. Путятин Е.П. Обработка изображений в робототехнике / Путятин Е.П., Аверин С.И.—М.: Машиностроение, 1990.— 320с.
5. Линдли Крейг Практическая обработка изображений на языке Си.—М.: Мир, 1996. – 416с.
6. M. Andersson, B. Holmquist, J. Lindquist, O. Nilsson, K.G. Wahlund, Analysis of film coating thickness and surface area of pharmaceutical pellets using fluorescence microscopy and image analysis, J. Pharm. Biomed. 22 (2000) P.325–339.
7. Стась О.М. Комп’ютерні методи дослідження в металографічному аналізі / Стась О.М., Гаврилюк В.П. // Методи дослідження та контролю якості металів. — 2000. — №1—2. — С.48—52.
8. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. – N.Y.:Freeman.-San Francisco.-1982., P.351.
9. Повстяной О.Ю. Комп’ютерні методи дослідження в металографічному аналізі за допомогою прикладних програм / Повстяной О.Ю., Заболотний О.В., Чміль І.І. // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛДТУ, 2004. – Випуск 15. – С.244-251
10. Bodla KK, Murthy JY, Garimella SV. Microtomography-based simulation of transport through open-cell metal foams. Numer Heat Transfer Part A 2010;58(7):527.
11. L.A. Feldkamp, L.C. Davis, J.W. Kress, Practical cone beam algorithm, J. Microsc. 185 (1997) 67–75.
12. Whitehouse D. Handbook of Surface Metrology // Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1994. –988 p.
13. Serra J. Image Analysis and Mathematical Morphology. – London: Academic Press.,1992. – P.329.
14. Stampfl J. Determination of the fracture toughness with automatic image processing / Stampfl J., S.Scherer, M.Gruber, O.Kolednik: Int. J. Frac., V.2–44, 1996 – P.139.
15. Boukhair, A., Haessler, A., Adloff, J.C., Nourreddine, A., 2000. New code for digital imaging system for track measurements. Nucl. Instrum. Methods B 160, 550–555.
16. Zhang Z., Marshall A.G. A universal algorithm for fast and automated charge state deconvolution of electrospray mass-to-charge ratio spectra // J. Am.Soc. Mass Spec. 1998. - V. 9. - P. 225–233.

Стаття надійшла до редакції 06.05.2014

О.С.Лиходій
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ
«КЕРОВАНА ВІСЬ НАПІВПРИЧЕПА - ГІДРОПРИВОД»

У статті розглядаються питання імітаційного моделювання системи «керовані вісі напівпричепи - гідропривод» у середовищі Simulink/Simscapе з узгодженням електричної, гідравлічної та механічної частин системи, виконано тестування як окремих блоків системи так і системи у цілому. Отримані результати моделювання достатньо точно співпадають із попередньо заданими параметрами.

Ключові слова: керована вісь, steer-by-wire, імітаційна модель.

А.С.Лиходей
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
"УПРАВЛЯЕМАЯ ОСЬ-ГИДРОПРИВОД"

В статье рассматриваются вопросы имитационного моделирования системы «управляемые оси полуприцепа - гидропривод» в среде Simulink/Simscapе с согласованием электрической, гидравлической и механической частей системы, выполнено тестирование как отдельных блоков системы, так и системы в целом. Полученные результаты моделирования достаточно точно совпадают с предварительно заданными параметрами.

Ключевые слова: управляемая ось, steer-by-wire, имитационная модель.

A. Lichodey
SIMULATION OF SYSTEM
"STEERING AXLE – HYDRODRIVE"

The minimizing of vehicle's designing time and cost depend on a quality of the developed computational models. That is, the computational models must be adapted to modern mathematical software such as ADAMS, MARS , etc. , to the compilation of control algorithms of developed systems, computational models must accurately reproduce real workflows . Taking into account high cost of such packages , the variant remains to create an alternative programmes using basic math software such as MATLAB and its applications Simulink / Simscapе. The MATLAB simulation allows to combine different systems (mechanical, hydraulic , electrical, pneumatic) into a comprehensive model with following direct access to the controllers creation. That system is most suitable for compiling, testing, algorithms' optimization of electrical, hydraulic and pneumatic systems' electronic control. The problem of semitrailer's steering system simulation development is in the many of system's elements technical parameters. The choice of these parameters significantly affects to receipt of adequate research results. The simulation must be coordinated by mechanical, hydraulic, electrical and electronic subsystems from overall control system. The article presents a simulation model of the "steering axle - hydraulic drive", which consists of a power supply pressurized hydraulic fluid, electro-hydraulic valve, hydraulic drive respective axis block unit of the controlled axis. The basic model's units are executed separately. To test the composed of first controlled axis model at the input of the system obeys the law of the working cylinder rod displacement from the neutral position to the end position when unfolded with further movement of the rod to the end position while storing and return the rod to the neutral position. The article ends with following conclusions . Developed Simscapе-model is convenient for usage in simulation of curvilinear articulated lorry motion with semitrailer's steered axles. It can be used for further development of semitrailer's steer algorithms. Testing of the model confirmed the correct pre-selection of design parameters of system elements. Adjusted model will enable a substantial reduction in effort and increase accuracy to assess the impact on the overall system replacing it by elements with other technical parameters.

Keywords: steering axle, steer-by-wire, simulation.

Постановка проблеми. До загальної проблеми вдосконалення систем керування поворотом коліс напівпричепу за рахунок мінімізації кількості компонентів системи, підвищення ефективності її роботи додається проблема алгоритмізації роботи системи з безпосереднім налаштуванням контролерів. Все це можливо при розробці якісних моделей на основі імітаційного моделювання у середовищі сучасних математичних пакетів таких як ADAMS, MARS та ін. Зважаючи на високу вартість таких пакетів актуальним залишається питання створення альтернативного програмного забезпечення при використанні базових математичних пакетів таких як MATLAB.

Simulink/Simscapе моделювання у середовищі MATLAB дозволяє об'єднати різні системи (механічні, гідравлічні, електронні, пневматичні) у комплексну модель з максимальним наближенням до реалізації реальних робочих процесів систем що моделюються з подальшим виходом на безпосереднє програмування контролерів. Указана система найбільш підходить до

складання, тестування та оптимізації алгоритмів електронного керування електричними, гідравлічними та пневматичними системами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями динаміки руху автопоїздів з керованими осями напівпричепів вітчизняні вчені займалися з 60-тих років минулого століття, але ці дослідження стосувались тільки великогабаритних та великовагових напівпричепів. Тому, до теперішнього часу ці питання розглянуті майже у повному обсязі, та полягають у подальшому вдосконаленні алгоритмів керування такими системами. В Україні існує наукова школа на чолі з д.т.н., проф. В. П. Сахно, яка приділяє особливу увагу підвищенню маневреності автопоїздів, [2, 5]. Більш ґрунтовно питаннями вдосконалення систем керування поворотом коліс причіпних ланок займаються в Австралії, Англії, Німеччині такі вчені, як D. Sebon, C. Cheng, B.A. Jujnovich, та ін, [6]. Але, важко знайти хоча б одну наукову роботу в світі з висвітленням питань алгоритмізації керування системами повороту керованих коліс напівпричепів.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Проблема розробки імітаційної моделі системи керування поворотом коліс напівпричепа полягає у великій кількості технічних параметрів елементів системи, вибір яких значно впливає на отримання адекватних результатів дослідження. При моделюванні необхідно узгодити взаємну роботу механічної, гідравлічної, електричної та електронної підсистем загальної системи керування.

Мета дослідження. Розробка більш ефективного методу моделювання систем керування поворотом коліс напівпричепів на основі імітаційного моделювання у середовищі Simulink/Simscapе, [7], який найкращим чином пристосований до розробки алгоритмів керування поворотом коліс.

Основні результати дослідження. На рис. 1 представлена загальна імітаційна модель гідроприводу керування поворотом коліс напівпричепа. Керування системою здійснює блок 4, який складається із трьох PID-контролерів. До цього блоку надходить інформація від сенсорів кута повороту напівпричепа відносно сидельно-зчіпного пристрою тягача, лінійної швидкості руху автопоїзда, кутів повороту коліс. Крім електричних сигналів від насосу 3 надходять гідравлічні виводи: контур високого тиску «Р» та контур повернення робочої рідини до баку «Т». Залежно від інформації, що надійшла до блоку 4, за попередньо складеним алгоритмом розподілу робочої рідини між циліндрами відповідної вісі здійснюється подача рідини у необхідній кількості до відповідного об'єму циліндрів, що визначається напрямком повороту автопоїзда та різницею між теоретично необхідною та фактичною величинами кутів повороту коліс. Далі робоча рідина передається до блоків 5, 6, 7, де перетворюється гідравлічна енергія рідини у механічну енергію переміщення штока поршня, яка, у свою чергу, передається до блоків 8, 9, 10, в яких імітується процес повороту керованих коліс напівпричепа. Для забезпечення роботоспроможності системи у цілому є необхідність тестування кожного блоку окремо, тому наступним етапом окремо розглянемо блоки 3, 7 та 10.

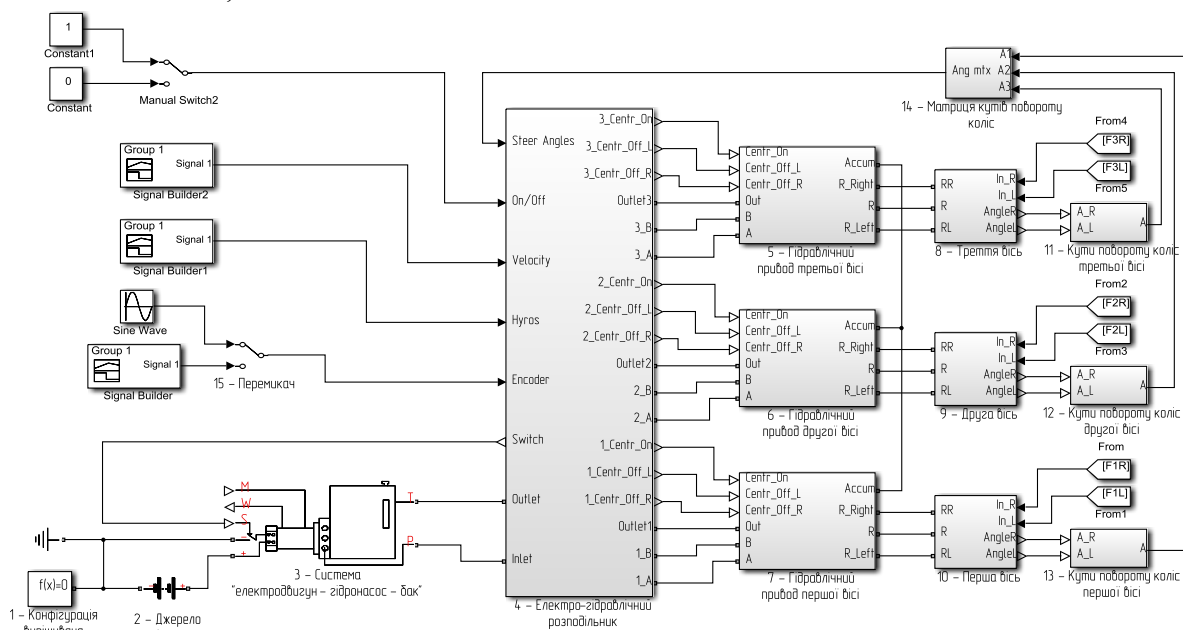


Рис. 1. Імітаційна модель системи «керовані вісі - гідропривод».

В якості безщіткового електродвигуна використовується стандартний блок Simscape «Сервомотор» 2, який живиться від акумулятора. Регулювання електродвигуном здійснюється завдяки зміні крутного моменту в залежності від частоти обертання ротору (рис. 3). Основні параметри електродвигуна прийняті за аналогом [4]: максимальна частота обертання ротору – 3000 хв^{-1} , максимальний крутний момент на роторі – 32 Нм, номінальний крутний момент при частоті обертання ротору 1400 хв^{-1} – 24 Нм. Крутний момент від ротору електродвигуна передається на фіксований насос 3, який відрегульовано на забезпечення тиску робочої рідини – 10 МПа. Попередження перевищення тиску робочої рідини більше допустимої межі виконує перепускний клапан 4.

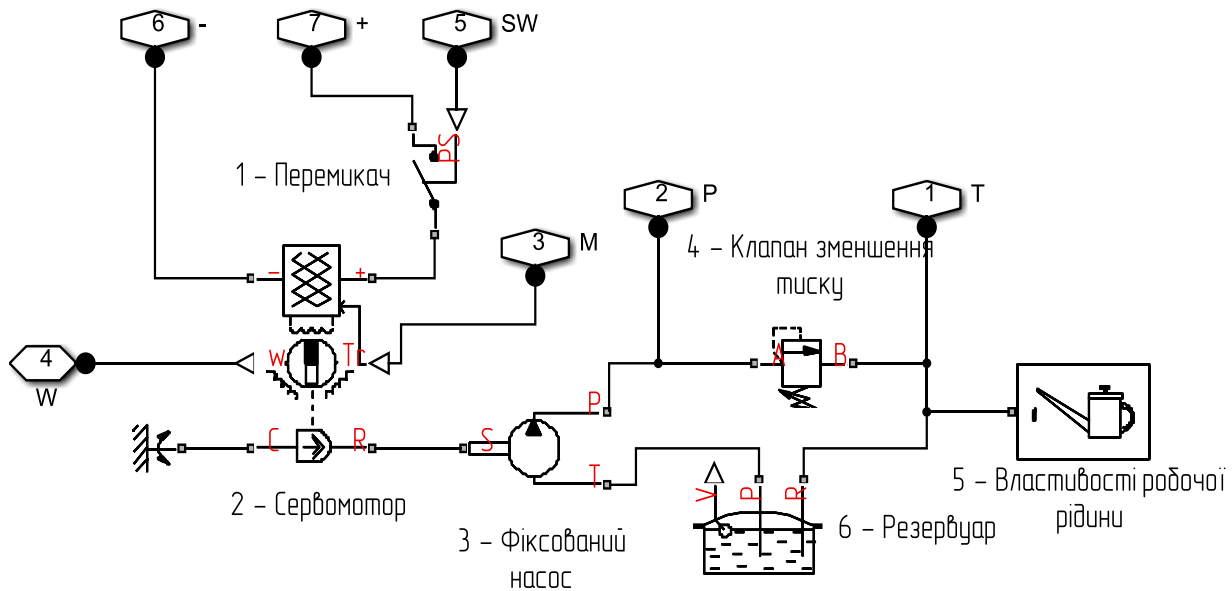


Рис. 2. Імітаційна модель «електродвигун - гідронасос - бак» (рис. 1, поз. 3).

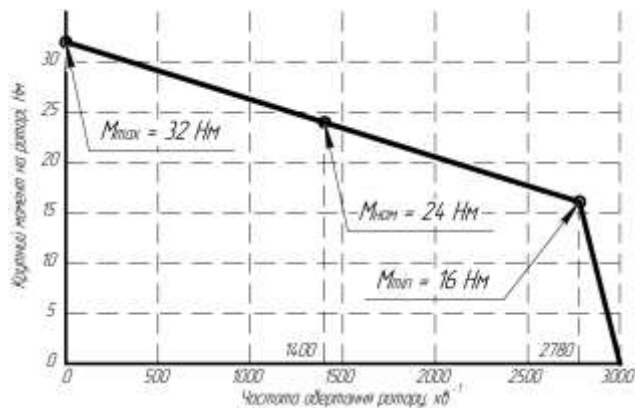


Рис. 3. Характеристика електродвигуна.

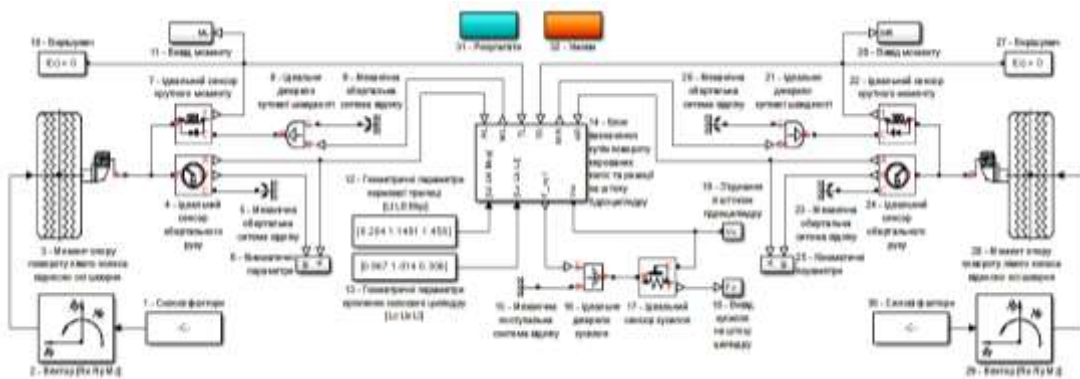


Рис. 4. Імітаційна модель керованої вісі напівпричепи (блок 10, рис. 1).

Блоки 7 та 10 (рис. 1) спочатку тестувались окремо, далі відбувалось узгодження їх взаємної роботи, в рамках статті представлено кінцевий варіант тестування зазначених блоків. На рис. 4 представлена Simscare-модель першої керованої вісі напівпричепа. Ця модель складається із блоків формування моментів опору повороту керованих коліс відносно шворнів (блоки 1-3, 28-30); блоків похідних параметрів (блоки 12, 13, 32) та блоку визначення кінематичних та динамічних параметрів системи (блок 14).

При збільшенні тиску у відповідному об'ємі гідроциліндру шток починає рух тоді, коли сила на штокові перевищить сумарну силу опору, яка приведена від лівого та правого коліс до штоку. За цих умов визначається кут повороту лівого колеса, а кут повороту правого колеса визначається з використанням поліному. Механізми отримання відповідних залежностей, використаних для складання Simscare-моделей розглянуті у попередніх роботах автора статті. Рух штоку продовжується до моменту забезпечення максимального кута повороту внутрішнього колеса. Зв'язок блоків 10 та 7 (рис. 1) здійснюється через блок 19, який для взаємного тестування є Simscare-моделлю гідроприводу (рис. 5).

Блок 19 (рис. 4), та блок 7 (рис. 1) є ідентичними, різниця полягає в тому, що у блоці 19 система «електродвигун-гідронасос-бак» представлена у спрощеному вигляді, на рис. 1 ця система представлена окремим блоком.

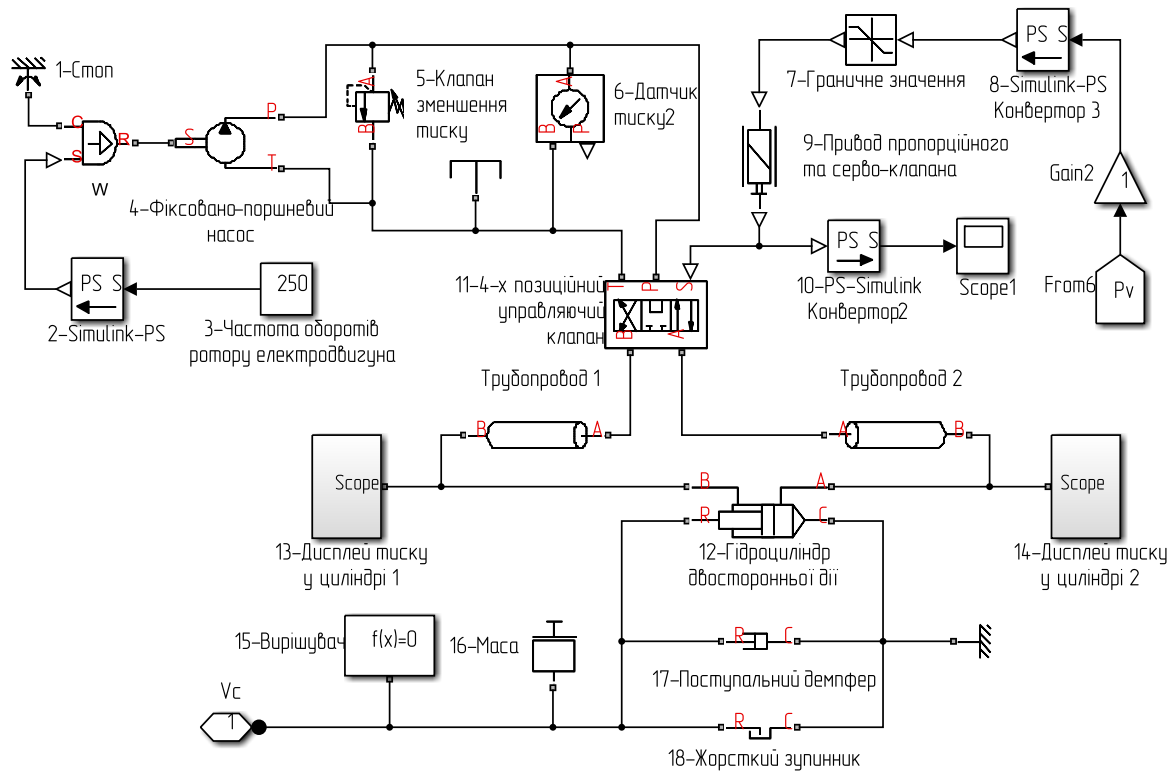


Рис. 5. Імітаційна модель гідроприводу для тестування блоку 10 (блок 19, рис. 4).

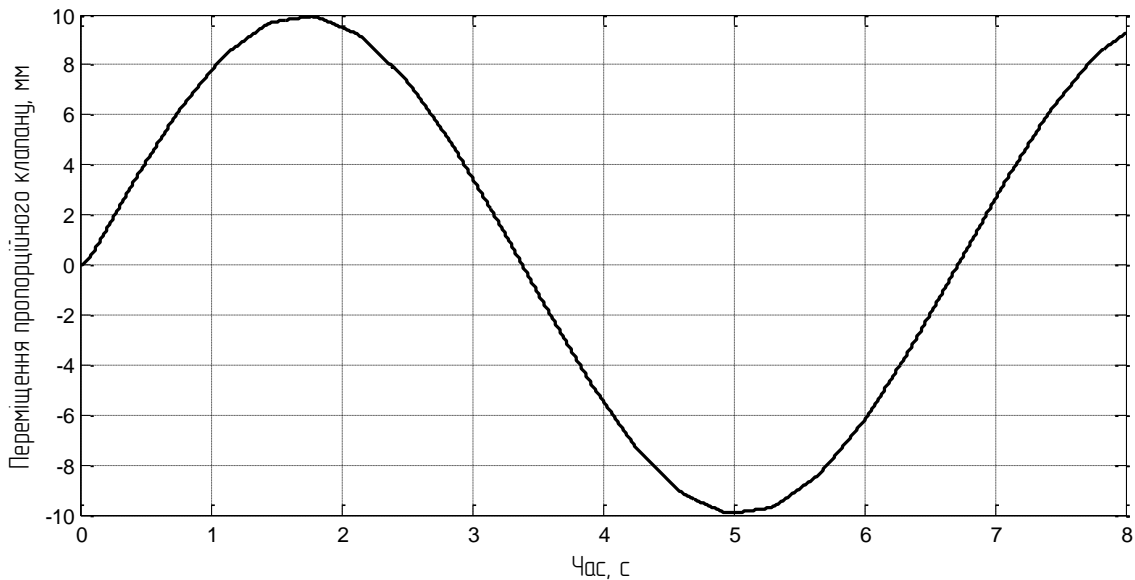


Рис. 6. Закон переміщення пропорційного клапану.

Опишемо блок-схему, що представлена на рис. 5. В якості похідних параметрів задаємо незмінну частоту обертання ротору електродвигуна 250 хв^{-1} та закон переміщення пропорційного клапана (рис. 6). При закритому положенні пропорційного клапана 9 робоча рідина перекачується гідронасосом через 4-хпозиційний управляючий клапан 11 до баку. У разі виведення клапана із нейтрального положення один об'єм гідроциліндру 12 з'єднується через 4-хпозиційний управляючий клапан 11 із магістраллю високого тиску, інший об'єм – зі зливною магістраллю. Максимальні переміщення штоку гідроциліндру обмежуються «Жорстким зупинником» 18. Параметри робочого гідроциліндру прийняті відповідно до рекомендацій [1]: діаметр поршня – 80 мм, діаметр штоку – 36 мм, максимальний хід штоку – при розгортанні циліндру 58 мм, при згортанні циліндру 45 мм, що забезпечує максимальний кут повороту внутрішнього колеса – $10^{\circ}55'$.

Для тестування складеної моделі першої керованої вісі на вході системи задаємо закон переміщення штоку робочого циліндру з нейтрального положення до крайнього положення при його розгортанні з наступним переміщенням штоку у крайнє положення при його сгортанні з поверненням штоку у нейтральне положення. Отримані результати кутів повороту коліс керованої вісі представлені на рис. 8, а зусилля на штокові робочого гідроциліндру на рис. 7.

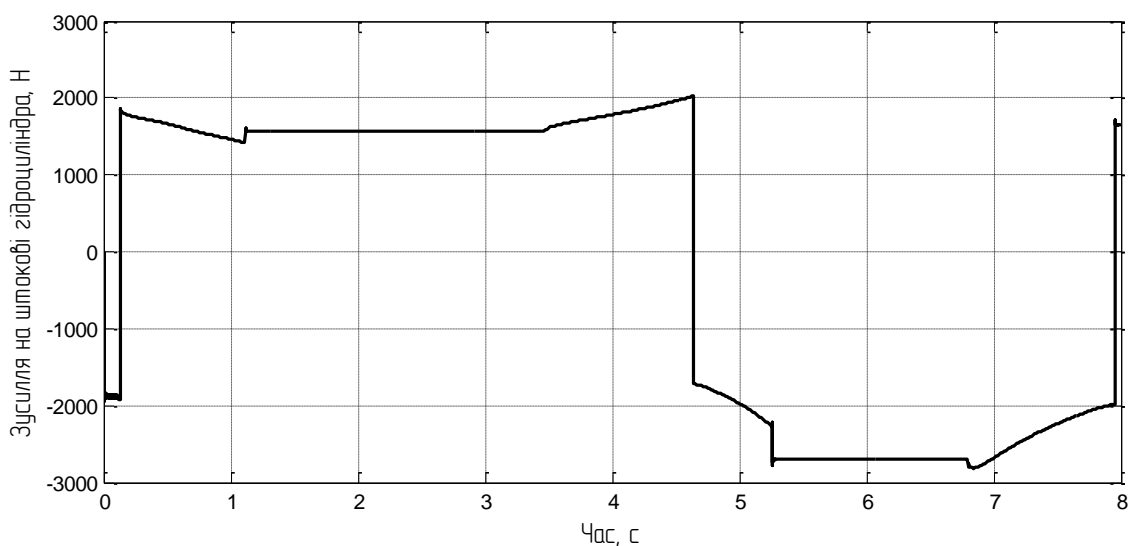


Рис. 7. Зміна величини зусилля на штокові гідроциліндру.

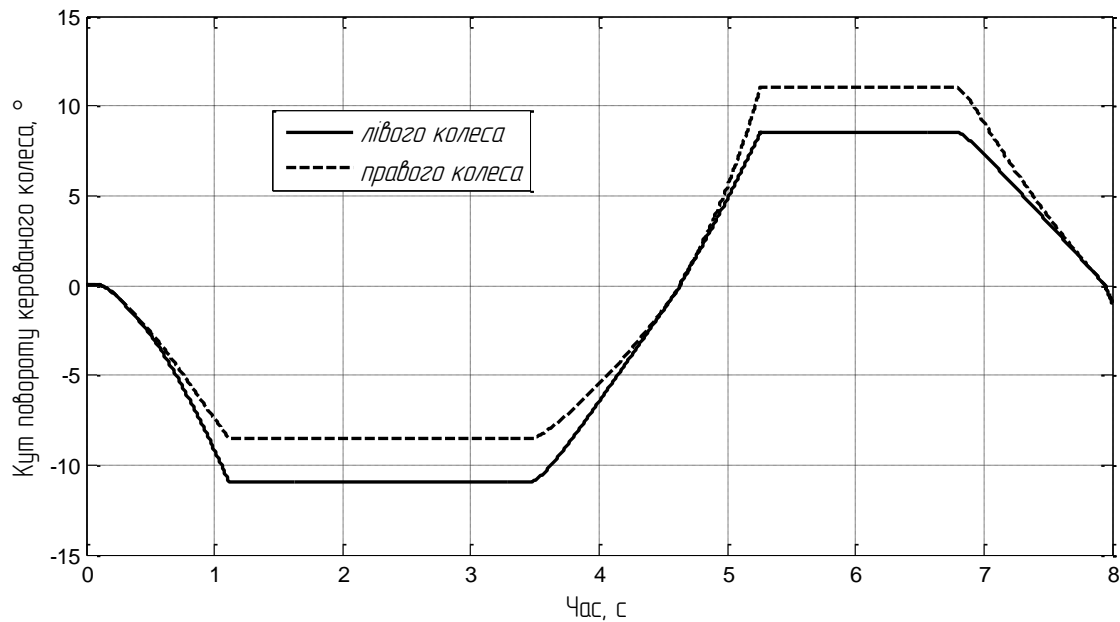


Рис. 8. Результати повороту коліс першої керованої вісі напівпричепа.

Висновки. Розроблена Simscare-модель системи «керовані вісі напівпричепа-гідропривод» є зручною при імітаційному моделюванні криволінійного руху автопоїзда з керованими осями напівпричепа, може бути використана для подальшої розробки алгоритмів керування поворотом коліс напівпричепа.

Тестування складеної Simscare-моделі (рис. 6, 7, 8) підтвердило правильний попередній вибір конструктивних параметрів елементів системи. Складність вибору полягає у значній кількості технічних параметрів пов'язаних між собою. Відрегульована модель дасть змогу при значному зменшенні зусиль та підвищенню точності оцінювати вплив на систему у цілому заміни її складових з іншими технічними параметрами.

1. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование для гидроприводов строительных, дорожных и коммунальных машин. Каталог-справочник / В. А. Васильченко, С. А. Житкова, Л. С. Акользина. – М: ЦНИИТЭстроймаш, 1978. – 476с.
2. Крестьянполь О. А. Маневреність та стійкість руху автопоїзда з самовстановленою віссю напівпричепа : автореф. дис. ... к.т.н. : 05.22.02 / О. А. Крестьянполь. – К. : НТУ, 1999. – 18 с.
3. Продукція компанії Tridex [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tridex.nl>. – Назва з екрану.
4. Продукція компанії V.S.E. Vehicle Systems Engineering B.V. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.v-s-e.nl>. – Назва з екрану.
5. Стельмашук В. В. Поліпшення показників керованості та стійкості три ланкових автопоїздів : автореф. дис. ... к.т.н. : 05.22.02 / В. В. Стельмашук. – К. : НТУ, 2005. – 18 с.
6. Cheng, C. «High-speed optimal steering of a tractor-semitrailer» [Text] / C. Cheng, R. Roebuck, Odhams, AMC, and D. Cebon // Submitted to VSD, (in press), June 2009.
7. Simscare exemples [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscare/examples/index.html>. – Назва з екрану.

Надійшла до редколегії 30.04.2014

Я.В.Лотиш, В.В.Стельмашук, В.В.Лотиш, Я.Р.Лелик
Луцький національний технічний університет
МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ З ВРАХУВАННЯМ ГАБАРИТІВ
НАДВЕЛИКИХ АВТОБУСІВ

Запропоновано імітаційну модель прогнозування автомобільного руху, прогнозування величини заторів на регульованих світлофорах, визначення середньої швидкості автомобільного потоку з врахуванням надвеликих автобусів.

Ключові слова: імітаційна модель, прогнозування, надвеликі автобуси

Предложена имитационная модель прогнозирования автомобильного движения, прогнозирование величины заторов на регулируемых светофорах, определение средней скорости автомобильного потока с учетом сверхбольших автобусов.

Ключевые слова: имитационная модель, прогнозирование, сверхбольшие автобусы

The simulation model of road traffic forecasting, prediction of jam magnitude on regulated traffic lights, determining the average speed of vehicle flow considering extra-large buses are proposed.

Keywords: simulation model, forecasting, extra-large buses

Однією з головних проблем сучасного великого міста є глобальна криза нормального функціонування міського середовища внаслідок структурного росту рівня автомобілізації, перенасичення дорожньо-вуличної мережі транспортними потоками. Це приводить до різкого погіршення показників транспортного обслуговування населення, виникненню транспортних заторів, росту рівня шуму і забруднення навколишнього середовища, фактичного зниження середньої швидкості пересування, зростанню енергетичних витрат, збільшенню числа жертв дорожньо-транспортних пригод.

За даними міжнародного союзу громадського транспорту, міський наземний суспільний транспорт вимагає при однаковій провізній спроможності в 20 разів менше площі дорожньої мережі в порівнянні з індивідуальними легковими автомобілями. Сучасний автобус у 5 разів менше забруднює атмосферу і вимагає в декілька разів менше енергетичних витрат у розрахунку на одного перевезеного пасажира в порівнянні з індивідуальним легковим автомобілем.

Ідея застосування надвеликих автобусів (довжиною 15м) представляється доцільною, оскільки дозволяє зекономити на деяких речах, а саме:

1. Автобус має меншу габаритну довжину, та, як наслідок, займає менше місця на дорозі та на зупинці, хоча пасажиромісткість ненабагато менша, ніж у зчленованих автобусів;
2. Автобус не має причепа, тому для його керування достатньо водійських прав категорії "Д";
3. За рахунок відсутності вузла зчленування спрощується його електрообладнання, система опалення, гальмова система та ін., в цілому знижується число деталей, що призводить до зниження вартості автобуса на 30-35%;
4. Існує ряд міських маршрутів, на яких застосування 12-метрових автобусів призведе до перевантаження машин, а застосування 18-метрових зчленованих автобусів може призвести до недоавантаження автобусів, або до збільшення інтервалів руху.

Також слід зауважити що, необгрунтоване зростання кількості автобусів малого класу призводить до погіршення транспортної ситуації на вулицях міста, перевантаженості посадочних майданчиків автобусами, збільшення вірогідності виникнення дорожньо-транспортних пригод, зростання кількості викидів токсичних речовин у навколишнє середовище.

Використання яких же автобусів є доцільним в містах України?

Одним з можливих підходів який дасть відповідь на це питання є використання моделей руху.

При моделюванні автомобільного руху фахівці зіткнулись з вибором між макроскопічним моделюванням руху, розглядаючи потоки як неперервний, та моделювання потоку як набіру взаємодіючих часток.

Макроскопічні моделі володіють тією перевагою, що математично компактні і описують потік системою диференційних рівнянь. Цей підхід має багато спільного з гідро- і газодинамікою, теорією інформації, і підходить більше для систем, які складаються з відносно однорідних частинок з обмеженими і передбачуваними взаємодіями. Транспортний потік розглядається як

течія «рідини», із специфічними властивостями, утвореними автомобілями, що рухаються. При цьому рух окремих автомобілів не розглядається [1],[2],[3].

Макроскопічні моделі мають ряд суттєвих недоліків, оскільки вони не враховують розміри окремих автомобілів, Наприклад, при деяких значеннях параметрів ці моделі можуть давати густину, що перевищує максимально допустиму.

З недавнього часу з'явилась література, в якій транспортний потік представляється потоком взаємодіючих частинок. Спосіб опису цих взаємодій визначає тип і властивості моделей.

Розрізняють наступні типи моделей:

- моделі засновані на детермінованому описі поведінки часток.

При описі руху в термінах моделі слідування за лідером [4] істотним моментом є припущення про те, що рух веденого транспортного засобу певним чином пов'язаний з переміщенням головного автомобіля.

- кінетичні моделі, засновані на статистичному описі поведінки великої кількості часток. Використовують в основному для обґрунтування вибору макроскопічних рівнянь руху.

- клітинкові автомати - підхід, заснований на стохастичному описі динаміки окремих часток. В моделях цього класу всі неперервні величини, такі як інтенсивність потоку, швидкість протяжність дороги замінюються дискретними. Цей підхід є новим в теорії транспортного потоку і інтенсивно розвивається в даний час [5].

Однією з перших моделей з застосуванням клітинкових автоматів є модель NaSch [6] – для опису одновимірного руху на шосе. Ця модель може відтворювати основні явища, з якими стикаються в реальному русі, наприклад випадок заторів.

Недоліком даної моделі є відсутність світлофорів, що обмежує її використання для моделювання міського руху.

Такого недоліку позбавлена модель ChSch [7]. В даній моделі транспортні засоби можуть рухатись тільки з заходу на схід на горизонтальних вулицях або з півдня на північ на вертикальних. Окрім цього прийнято, що світлофор періодично переключається в регулярних інтервалах T . Кожний транспортний засіб здатний просуватись вперед поки не досягне місця, де відстань до світлофора попереду менша ніж швидкість. Якщо індикатор зелений поді продовжується переміщення, в іншому випадку зупинка.

В рамках даного підходу пропонується клітинкова модель вулично-дорожньої мережі центру міста Луцька з конкретизацією даних для двох Т-подібних перетинів магістральних вулиць: Паркова – проспект Волі та проспект Волі – вулиця Вінніченка. Цей вузол центру міста є аварійно небезпечним, через недостатню видимість та інтенсивність руху.

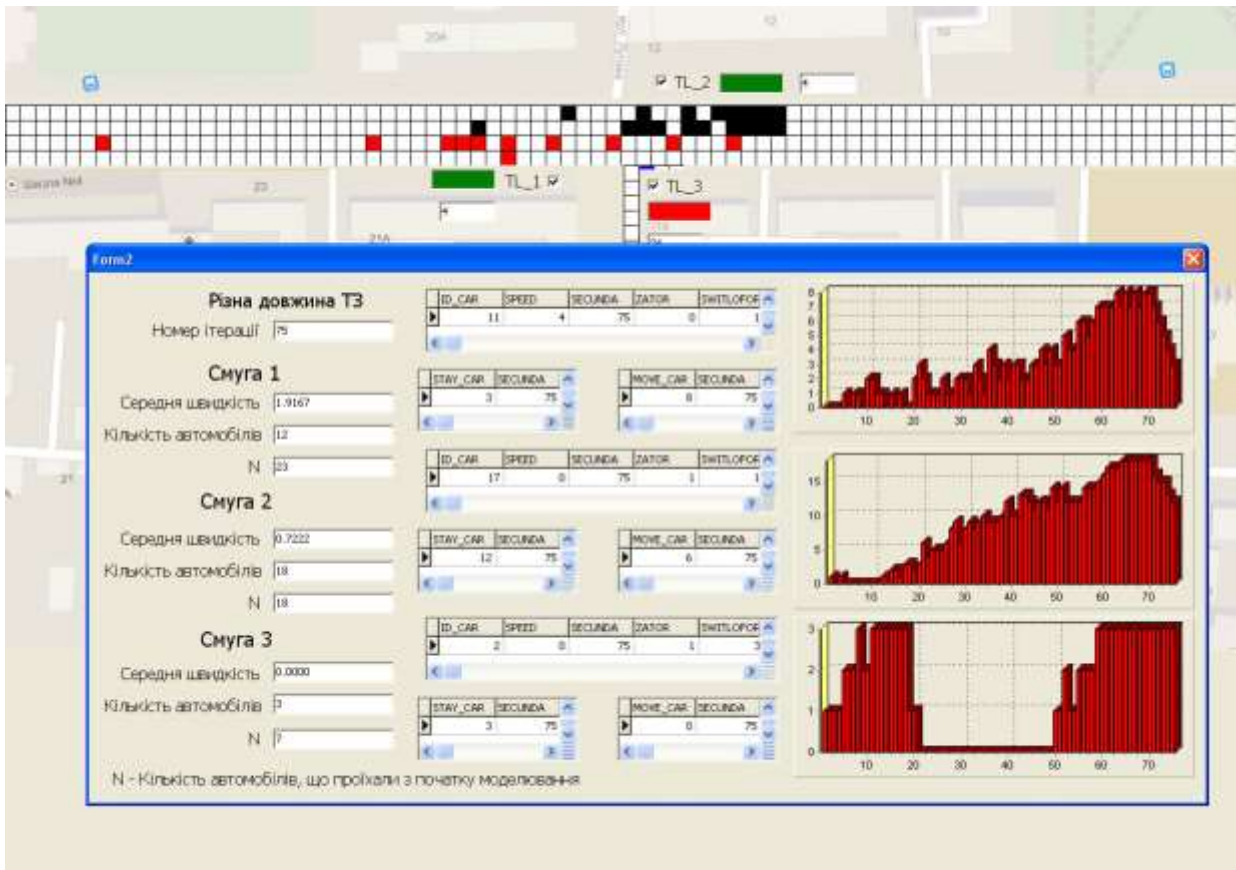
У моделі задаються наступні параметри: густина потоку, період світлофору (час горіння зеленого (або червоного) і жовтого світла), початкова швидкість кожного автомобіля, розподіл транспортних засобів відповідно до їх габаритів, розміри модельованої частини дороги. Основною метою моделювання при цьому є адекватне відображення наступних показників:

1. Час проїзду заданої ділянки дороги.
2. Час простою в заторах.
3. Середня швидкість руху.
4. Інтенсивність автомобільного потоку.

Оновлення клітинкового автомата відбувається послідовно:

1. Спочатку визначається необхідність і можливість зміни смуги для кожного транспортного засобу. Якщо маневр необхідний і здійснений, відбувається переміщення машини вбік. Переміщення може проводитися як вліво, так і вправо - наприклад, при перестроюванні з лівої смуги у праву і навпаки на двосмуговій дорозі. Таким чином, оцінка необхідності і можливості маневру ведеться на суміжній смузі, якщо ширина дороги і поточне положення транспортного засобу дозволяють це зробити. Етап реалізується на основі поточної конфігурації у вигляді паралельного оновлення.

2. На кожній смузі проводиться незалежне оновлення відповідно до правил визначення нового місцезнаходження автомобіля. Тут також використовується конфігурація, отримана на першому етапі і враховується попереднє положення транспортного засобу та його швидкість [8].



Розроблена система дозволяє моделювати автомобільний рух, відслідковувати інтенсивність руху, величину заторів на регульованих світлофорами ділянках дороги, середню швидкість автомобільного потоку з врахуванням надвеликих автобусів.

1. Lighthill M.J., Whitham G.B., Proc. R. Soc. Lond. A229 (1955).
2. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны./М.: Мир.,1977.
3. Смирнов Н.Н., Киселев А.Б., Никитин В.Ф.,Юмашев М.В. Математическое моделирование транспортных потоков // Мех-мат МГУ, 1999 г.
4. Шевцов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. – 2003. - № 11.
5. Chowdhury D., Santen L., Schadschneider A. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems // Phys. Rep. - 2000. - Vol. 329. - P. 199-329.
6. Nagel K., Schreckenberg J., Phys. I 2, 2221 (1992).
7. Chowdhury D., Schadschneider A., Phys. Rev. E59, R1311 (1999).
8. В.В. Лотиш, И.А. Кузьмин, Я.В. Лотиш Имитационное моделирование транспортных потоков при пересечении перекрестков / Лотиш В.В., Кузьмин И.А., Лотиш Я.В. / Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: Организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения. Материалы IX международной заочной научно-технической конференции. 31 октября 2013 года, стр. 124-129
9. Тоффоли Т. , Марголус Н. Машины клеточных автоматов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991 - 280 с.
10. Лотиш В.В. Клітинкові автомати. Програмна реалізація. Луцьк. 2012. – 112 с.

УДК 658.5:629.504.06

В.П.Матейчик, М.Смешек, В.О.Хрутьба
Національний транспортний університет
Жешувська політехніка, Польща
УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЛОГІСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ
ПІДПРИЄМСТВ

Сформовано механізми управління проектами для вирішення задач екологічної логістики транспортних підприємств. Проведено аналіз особливостей задач екологічної логістики транспортних підприємств. Визначено види та типи проектів екологічної логістики транспортного підприємства. Проведена класифікація логістичних процесів управління екологічним проектом.

Ключові слова: екологічна логістика, управління проектом, транспортне підприємство, логістична система
Табл. 2. Літ 11.

В.П.Матейчик, М.Смешек, В.А.Хрутьба
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОГИСТИКИ
ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сформирован механизм управления проектами для решения задач экологической логистики транспортных предприятий. Проведен анализ особенностей задач экологической логистики транспортных предприятий. Определены виды и типы проектов экологической логистики транспортного предприятия. Проведена классификация логистических процессов управления экологическим проектом.

V.Mateichyk, M.Smieszek, V.Khrutba
PROJECT MANAGEMENT ENVIRONMENTAL LOGISTICS TRANSPORT
ENTERPRISES

Project management mechanisms created to meet the challenges of environmental logistics transport services. Statistic analysis of the characteristics of environmental logistics transport services. Kinds and types of environmental projects logistics of transport determined. Classification of logistics management processes of environmental projects done.

Постановка проблеми. Діяльність сучасних транспортних підприємств характеризується зростанням складності та різноплановості задач, що стоять перед ними. Їм доводиться працювати в умовах, які постійно змінюються, що потребує пошуку нових резервів підвищення ефективності. Екологічні питання для суспільства стають все більш значущими. Впроваджуються соціальні, політичні та економічні вимоги для сталого розвитку транспорту, що передбачає зменшення впливу на навколишнє середовище всього ланцюжка поставок. Існує досить сильна взаємодія між логістикою, охороною довкілля та природними ресурсами. Крім того, підхід логістики є системним і цілісним. Реалізація екологічних цілей може здійснюється у взаємодії з іншими стратегічними і фінансовими цілями. Це і є основа величезного потенціалу цієї нової логістичної проблеми. Екологічний підхід в галузі логістики визначає, наскільки глибоко логістика і ланцюжки поставок компанії стикаються з необхідністю захисту навколишнього середовища і збереження ресурсів. Ланцюжки постачань залежать від різних факторів. Основними показниками, які повинні враховуватися при складанні логістичних схем компаній-перевізників є зростання цін на енергоносії та сировину [1].

Для вирішення цих задач поряд з управлінням функціональною діяльністю підприємства виникає необхідність управління рішенням окремих комплексних задач по реалізації масштабних складних заходів – проектів, які спрямовані на збереження стану довкілля. Ключовими зацікавленими сторонами реалізації проектів екологічної логістики є держава зі зростаючими міжнародними та національними правилами; клієнти та споживачі зі зростанням обізнаності і попиту на екологічні продукти та логістичні послуги; співробітники, які хочуть працювати в екологічно безпечній і соціально відповідальній компанії; громадськість із зростанням вимог до більшої корпоративної соціальної відповідальності; самі компанії, що мають власну мотивацію. Існує також тиск з боку кредиторів, інвесторів і страховиків. Проявами цього є нові форми інвестування на ринку капіталу, такі як стійкість індексу Dow Jones, який відстежує динаміку дій провідних світових компаній у плані економічних, екологічних, екологічних та соціальних критеріїв [2]. Таким чином, формування механізмів, методів і моделей управління проектами

вирішення задач екологічної логістики транспортних підприємств є актуальною проблемою, що потребує рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, що стосуються включення екологічної складової до системи логістичного управління, розглядаються в працях Ю.Чортюк [3], С. Кравчук, К.Мишинівська [4], Є.Мишенін, І.Коблянська [5]. Огляд літератури показує приклади ефективних рішень певних екологічних питань, що стоять перед сучасними менеджерами логістики. Мюлер, наприклад, показав досвід застосування одноразових пластикових контейнерів для упаковки управління твердими побутовими відходами в компанії Проктор енд Гембл. Шелси проаналізував програму компанії Canon для утилізації одноразових картриджів копіювальних апаратів, лазерних принтерів і факсимільних апаратів. Інші, такі як Полен і Фаріс розглянули логістику каналів і питання, що пов'язані з переробкою пластикових відходів [2]. В. Rzczynski роботі [6] визначено, що врахування екологічного фактора в традиційних питаннях, які розглядаються логістикою, дозволяють сформувати ефективний мотивований підхід до управління виробничими процесами транспортного підприємства з метою зниження витрат при перевезенні та проведенні робіт по обслуговуванню виробництва і еколого-економічного збитку, що завдається навколишньому середовищу. Доцільності формування механізму інституційного забезпечення «зеленої логістики» міста визначено в [7].

Невирішені раніше частини проблеми. Незважаючи на значну кількість робіт з логістики, основна увага науковців приділяється загальній теорії та особливостям організації потокових процесів, окремим сферам діяльності - транспортній, складській, виробничій, розподільчій логістиці. Водночас питання управління логістичним проектами вивчені недостатньо, а дослідження екологічних проблем і механізмів їх розв'язання із застосуванням логістичного інструментарію носить фрагментарний характер.

Мета дослідження. Метою роботи є формування механізмів, методів і моделей управління проектами для вирішення задач екологічної логістики транспортних підприємств.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

- провести аналіз особливостей задач екологічної логістики транспортних підприємств;
- визначити види та типи проектів екологічної логістики транспортного підприємства;
- аналіз особливостей управління проектами екологічної логістики;
- провести класифікацію логістичних процесів управління екологічним проектом.

Основні результати дослідження. Одним із можливих напрямків забезпечення сталого розвитку транспортних підприємств є реалізація проектів та програм впровадження екологічно-орієнтованих логістичних систем або проекти екологічної логістики.

Основними цілями стратегії впровадження програми екологічно-орієнтованих логістичних систем є:

1. Підвищення прибутку підприємства за рахунок ефективної організації процесів перевезень, ремонту, зниження простою, скорочення виплат і штрафів за забруднення НС:

– зниження сумарних операційних логістичних витрат, у тому числі в процесах поводження з відходами підприємства;

– збільшення продуктивності логістичної інфраструктури за рахунок впровадження рециклінгу відходів.

2. Підвищення якості логістичних послуг за рахунок використання екологічно безпечних транспортних засобів:

– впровадження Євро 4 і Євро 5, альтернативного палива;

– мінімальні витрати транспортних процесів ЛС при якісному рівні сервісу;

3. Забезпечення постійного підвищення якості роботи логістичної інфраструктури та процесів:

– підвищення якості логістичного сервісу за рахунок підвищення його екологічних ефективності і соціальної відповідальності;

– розробка необхідної документації забезпечення роботи системи моніторингу і контролю, в тому числі і процесів поводження з відходами;

– впровадження виробничо-технічних заходів зі зниження кількості відходів підприємства;

– впровадження виробничо-технічних заходів щодо зниження негативного впливу підприємства на НС;

– збільшення продуктивності основних логістичних процесів.

4. Підвищення ефективності роботи персоналу:

- формування відповідального ставлення до збереження стану НС;
- створення сприятливого виробничого клімату.

Аналіз логістичних проектів великих західних і міжнародних компаній показує, що більшість менеджерів не враховують екологічну складову в логістичних проектах, надаючи перевагу питанням економічної ефективності. При цьому екологічна складова вважається скоріш маркетинговим прийомом. Проте, на думку генерального директора ДП «Шенкер Україна» О.Вержбицького [8], одне іншому аніскільки не заважає: зменшення шкідливих впливів на навколишнє середовище найчастіше якраз і передбачає економне використання ресурсів - перш за все, енергії, палива і матеріалів.

Транспортні та логістичні компанії в розвинених країнах останнім часом значно збільшили обсяги інвестицій в зелені технології. Використання транспортних зелених технологій надає можливість компанії зменшити витрати та покращити імідж. Сьогодні компанії використовують транспортні засоби, які споживають менше палива, працюють на альтернативних видах енергії, не містять токсичних метеріалів тощо.

Значна більшість ініціатив екологічного напрямку стосується саме зменшення викидів вуглецю. Наприклад, відомий логістичний оператор з експрес-доставки UPS нещодавно придбав 130 автомобілів із гібридним двигуном, який споживає в рік на 66 тисяч галонів (35%) палива менше та викидає вуглецю менше на 671 метричну тонну у порівнянні із двигуном внутрішнього згорання. Обсяги викидів, що будуть «складати економію» дорівнюють їх еквіваленту, який припадає на 128 легкових автомобілів в рік.

Японська судоходна компанія K-Line встановила на своїх судах таку комп'ютерну систему, яка на засаді постійного моніторингу погодних та гідрографічних умов має оптимізувати роботу двигуна, що також приводить до зменшення обсягів викидів у атмосферу на 1%.

Такий саме проект здійснюється урядом Канади та адміністрацією порту Принц Руперт. Судам-контейнеровозам, що вже мають прибути до порту, з берегу буде надаватися на борт електрична енергія, що дасть можливість судам відключити свої двигуни і таким чином уникнути негативного впливу на навколишнє середовище.

Німецький перевізник Deutsche Bahn Schenker Rail нещодавно почав використовувати нову для європейської залізниці транспортну технологію, яка зовсім виключає викиди вуглецю в атмосферу. В рамках проекту Eco Plus компанія отримує електричну енергію для електровозів із джерел енергії, що поновлюються. При чому — за рахунок додаткових зборів з клієнта, в данному випадку—автомобільного концерну Audi. Десята частина доходів від проекту Eco Plus витрачається на будівництво заводів з виробництва альтернативної енергії. Всього Deutsche Bahn в рамках програми із захисту клімату планує до 2020 року зменшити викиди вуглецю на 20% у порівнянні з 2006 роком.

Компанії розвинених країн планують використання зелених технологій та зменшення викидів вуглецю на засадах системного підходу, постійно працюють над зеленими проектами поряд із виробничими, фінансовими, кадровими та іншими стратегіями.

Прикладом широкомасштабного проекту екологічної логістики є проведений транспортною компанією TRANS.eu 14-16 листопада 2013 р. в Кракові (Польща) прес-тур «Drive Green: інновації та екологія в дорожньому транспорті», який став підсумком міжнародної екологічної акції, яку компанія проводила на території Європи з початку літа. Проект Drive Green було розпочато в червні в Німеччині, охопив Чехію і Литву, останній тур пройшов у Словаччині 25 вересня. Місцем проведення заходів проекту були стоянки вантажівок. Заходи проекту включали навчання екологічної, безпечної та економної манері водіння під час відпочинку [9].

Впровадження проектів екологічної логістики доцільно не тільки під час перевезення вантажів. Компанія FagorMastercook (Вроцлав), що пропонує повну лінію побутової техніки, впроваджує комплексні логістичні рішення, завдяки яким можливе значне зниження витрат води, енергії і газу. Щорічно (починаючи з 1998 р.) компанія є лауреатами Польського руху більш чистої продукції та відповідального підприємництва. Сертифікована система управління навколишнім середовищем відповідає вимогам стандарту ISO 14001. Упаковка виробів марки Mastercook забезпечує безпеку виробів під час транспортування завдяки пакувальним матеріалам з плівки, картону, пінопласту, тобто з тих, які на 100 % придатні до вторинної переробки і повторного використання. Впровадження проектів оптимізації ефективності потоку товарів

приводить до постійного зниження викидів CO₂. До проектів компанії слід віднести такі - проекти вибору логістичних операторів за умови наявності EURO 4 і EURO 5 стандарту вихлопу газів; проекти використання найбільш великих транспортних засобів (наприклад, мегапричепа) для перевезення більшої кількості товару одним видом транспорту. Реалізація цих проектів дозволила у 2010 році на 45 % знизити кількість автомобілів, що поставляють компоненти вrocławським заводам із Західної Європи, завдяки, зокрема, комплектації поставок в одній точці прийому. На 23% знизити кількість перевезень на внутрішніх ділянках при збереженні плавного прийому продукції. Зібрано понад 3500 тонн відпрацьованої побутової техніки та упаковки. 88% зібраної маси відпрацьованої електричної та електронної побутової техніки та понад 1400 т тільки пакувальних відходів у 2010 році передано на переробку та повторне використання у виробництві. Компанія реалізує проекти екологічного навчання працівників FagorMastercook. З 2010 року проводяться циклічні екологічні конкурси та еколого-просвітницькі акції для працівників. На всіх вrocławських заводах розміщені Еко-точки, що повністю виконані з виробничих відходів [10].

Прикладами проектів екологічної логістики транспортного підприємства є проведення постійного аудиту вуглецевих викидів в ланцюгу поставок, передача вантажів переважно на "зелений" вид транспорту, розробка "зелених" транспортних засобів, зменшення впливів на навколишнє середовище при складуванні, підвищення екологічної ефективності палива при вантажних та пасажирських перевезеннях, впровадження реверсивної (оборотної) логістики поведіння з відходами, створення стійкої системи логістики громадського транспорту міста.

Реалізація проектів екологічної логістики транспортного підприємства дозволить:

- зменшити обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферу шляхом переходу від великих вантажівок до менш габаритних, які використовують менше палива, заміни використовуваного виду пального на менш шкідливе;

- знизити витрати матеріальних, інформаційних та транспортних потоків при перевезенні;

- враховувати екологічні чинники при розміщенні складських приміщень;

- мінімізувати матеріальні ресурси при пакуванні продукції;

- впроваджувати системи рециклінгу відходів, зменшувати кількість утворених відходів підприємства;

- фінансувати заходи природоохоронного призначення з метою формування сприятливого іміджу у споживачів і контрагентів тощо.

Управління проектом екологічної логістики передбачає здійснення ряду етапів, що входять в життєвий цикл проекту, який в загальному випадку включає вибір концепції, розробку, реалізацію та завершення проекту. Необхідність здійснення проекту пов'язана з необхідністю вирішення певних завдань, що визначені ідеєю проекту і формуванням мети як першого етапу проектного циклу. Потенційні можливості використання логістики в управлінні екологічними проектами обумовлено наявністю множини поточкових процесів, які потребують управління. Це, в свою чергу, пов'язано з тим, що реалізація екологічного проекту підтримується різними видами забезпечення, що приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Види забезпечення екологічного проекту

	Вид забезпечення	Сутність
1	Матеріально-технічне забезпечення	Закупка і поставка матеріалів, придбання машин та обладнання тощо
2	Фінансове	Пошук джерел та залучення інвестицій
3	Кадрове	Підбір «команди», прийом та призначення персоналу, звільнення
4	Інформаційне	Накопичення, систематизація і оновлення інформації по етапам і видам забезпечення проекту
5	Правове	Юридичний супровід проекту на всіх етапах його життєвого циклу
6	Екологічне	Моніторинг і контроль за екологічними показниками проекту протягом всього життєвого циклу проекту
7	Математичне і програмне забезпечення	Економіко-математичні моделі, програми і бази даних

Найважливішими загальними завданнями логістики в управлінні екологічними проектами є:

- створення інтегрованої системи управління матеріальними потоками на основі інформаційних потоків;
- розробка методів управління рухом ресурсів та контролю матеріальних потоків;
- визначення стратегії і технології розподілу ресурсів по роботах проекту;
- стандартизація напівфабрикатів і упаковки;
- прогнозування обсягів поставок, перевезень і складування;
- виявлення дисбалансу між потребами і можливостями закупівля і поставок;
- оптимізація технічної та технологічної структур транспортно-складських комплексів.

Проте, логістика в управлінні екологічними проектами не обмежується у функціональному плані тільки сферою забезпечення, а у ресурсному - тільки матеріальними потоками. Вона охоплює весь ресурсно-функціональний спектр поточкових процесів, що виникають у ході виконання проекту. Управління цими процесами на основі логістики є змістовно адаптованим, системно організованим процесом управління інвестиційними та створеними ними матеріальними, сервісними, фінансовими, інформаційними потоками проекту з врахуванням їх впливів на навколишнє середовище, що реалізується в послідовності фаз, етапів і робіт життєвого циклу відповідно до правил логістики за допомогою побудови ланцюгів взаємодії учасників. Слід зазначити, що поряд з традиційними видами потоків, що розглядається логістикою, в управлінні проектами екологічної логістики, враховуючи інвестиційну природу проектів, доцільно в якості об'єкта управління виділяти інвестиційний потік, який може існувати в різних формах (грошовий, товарний, інтелектуальний тощо) .

Логістичний процес управління екологічним проектом є реалізацію визначеної послідовності логістичних операцій і управління ними в рамках відповідних систем. Логістичною операцією є сукупність дій по перетворенню матеріального потоку і обслуговуючого його інформаційного. За своєю суттю та змістом логістичний процес складається із взаємопов'язаних дій по формуванню логістичного потоку та управління ним з метою досягнення запланованих результатів. Класифікація логістичних процесів може виражатися сукупністю, яка представлена в табл. 2 [11].

Таблиця 2

Класифікація логістичних процесів управління екологічним проектом

№	Ознака класифікації	Структура процесів
1	Стадійний	- процеси виробничої стадії - процеси стадії обертання (розподілу і обміну) - процеси стадії споживання
2	Субстанціальний (предметний, об'єктовий)	- матеріальні - нематеріальні - трудові - природні ресурси та сировина
3	Функціональний	- процеси забезпечення (в тому числі матеріально-технічного, фінансового, кадрового тощо) - виробничі процеси - збиткові процеси, в тому числі сервісні - процеси управління
4	Технологічний	- основні - ті, що забезпечують (в тому числі допоміжні і обслуговуючі)
5	Організаційний	- організовані в часі - організовані в просторі
6	Економічний	- процеси утворення витрат - процеси створення власної цінності
7	Екологічний	- процеси моніторингу та контролю впливів на навколишнє середовище - процеси екологічного менеджменту

В Україні питання щодо реалізації проектів екологічного транспорту тільки почали розглядатися. Незважаючи на те, що Транспортна стратегія України на період до 2020 року передбачає необхідність дотримання таких основних принципів, як забезпечення екологічної безпеки, обов'язкового дотримання екологічних стандартів і нормативів під час провадження діяльності у галузі транспорту; стимулювання розвитку енергозберігаючих і екологічно безпечних видів транспорту [11], актуальними ці питання є сьогодні тільки для тих вітчизняних підприємств, які працюють або планують працювати із зарубіжними компаніями. В умовах тендеру на надання логістичних послуг до таких компаній існує прохання обов'язково вказати, яку саме участь бере претендент в житті суспільства, як піклується про соціальну безпеку своїх робітників та навколишнє середовище. Відповіді на ці запитання мають бути дуже ретельними та змістовними.

Головними критеріями ефективності діяльності для логістичних операторів на вітчизняному ринку є час в дорозі та вартість перевезення, а питання щодо охорони навколишнього середовища виникають не дуже часто. Причина цього полягає в відсутності прогресу в напрямку формування екологічного мислення та в відсутності застосування економічних стимулів щодо дотримання чинних екологічних стандартів.

Висновок. Таким чином, екологічний логістичний проект є унікальною складною діяльністю, яка спрямована на створення (або перетворення) екологічно-орієнтованої логістичної системи, її підсистем та окремих елементів, з врахуванням об'єктів логістичної інфраструктури та їх впливів на навколишнє середовище, а також на рішення задач в області екологічної логістики для досягнення певних результатів у відповідності до заданих цілей.

Управління проектами екологічної логістики, в свою чергу, передбачає застосування концепції і методів управління проектами в процесі створення (проектування) екологічно-орієнтованих логістичних систем або проведення змін (перетворень) в них, а також вирішення завдань управління потоками матеріальних, енергетичних, інформаційних, фінансових та інших ресурсів у логістичних системах. Управління проектами екологічної логістики логістиці може бути розглянуто в двох аспектах, які не є взаємовиключними: у вузькому - як підхід до управління інвестиціями в логістичну інфраструктуру, і в широкому - як управлінська концепція, яка найбільшою мірою відповідає необхідності постійного пристосування транспортного підприємства до постійних змін зовнішнього середовища. Перший аспект відображає спрямованість на вирішення окремих тактичних і оперативних завдань, тоді як другий є стратегічною концепцією управління транспортним підприємством, і змістовна сторона цієї концепції буде, таким чином, залежати від цілей, на досягнення яких спрямований конкретний проект і діяльність підприємства в цілому.

При цьому, загальна мета логістики - створення ефективної інтегрованої системи функціонального менеджменту матеріальних, інформаційних, фінансових, кадрових та інших потоків, які забезпечують високу якість поставок продукції. Водночас концептуальна ідея екологічної логістики - досягнення з найменшими можливими в даних умовах збитками для довкілля максимальної пристосованості підприємства до мінливих ринкових умов, розширення ринкового сегменту підприємства і отримання переваг перед конкурентами. Таким чином, концепція управління проектами екологічної логістики як діяльність з управління змінами в логістичних системах відповідає змісту концептуальної ідеї логістики і містить в собі інструментарій адаптації транспортного підприємства до мінливих ринкової середовищі.

1. Воркут Т.А. Наукові основи управління логістичними системами в проектах розвитку ланцюгів поставок : автореф.дис... докт. техн. наук: 05.13.22 / Воркут Тетяна Анатоліївна — Нац.транспорт.ун-т. — Київ, 2007. — 34 с.
2. Green logistics. Improving the environmental sustainability of logistics / Alan McKinnon, Sharon Cullinane, Michael Browne and Anthony Whiteing, the Chartered Institute of Logistics and Transport, London, 2010, 372 p.
3. Чортюк Ю.В. Еколого-економічний механізм управління логістичною системою торговельного підприємства: автореф.дис... канд. економ. наук: 08.00.06 / Ю. В. Чортюк. - Сумський державний університет. — Суми, 2010. — 23 с.
4. Krawczyk S. Konceptje i strategie logistyczne / S. Krawczyk, K. Michniewska // Logistyka. — 2005. — № 6. — P.10–14.
5. Мишенін Є.В. Організаційно-економічні основи реалізації системи екологічно-орієнтованого логістичного управління / Є.В. Мишенін, І.І. Коблянська // Механізм регулювання економіки. — 2009. — № 1. — с. 83-91.
6. Rzczynski B. Logistyka uptylizacji. Rezultat racji ochrony srodowiska i gospodarka / B. Rzczynski // Logistyka. — 2004. — № 10. — P.173–176.

7. Герасимчук З. Інституційне забезпечення «зеленої логістики» в місті / З.В. Герасимчук, М.Ф. Аверкіна // Актуальні проблеми економіки. – №11(137), 2012. – С.161-168.
8. Уроки «зеленого» вождія. [Електронний ресурс] // Дистрибуція и логістика. – 2012. - № 10. – Режим доступу : <http://www.ukrlogistica.com.ua/number.php?id=112>.
9. http://www.mastercook.pl/index.php?page=ru_informacje_prasowe
10. Управление проектами в логистике / И.Ф. Рудковский. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 83 с.
11. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р., N 2174-р., Київ – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80> – Заголовок з екрану.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014

УДК 662.758.2

В.М.Мельник

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ПРО ДЖЕРЕЛА ОТРИМАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ
ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

У роботі розглянуто питання впливу добавок сивушних масел до товарних палив, досліджено основні експлуатаційні показники утворених паливних сумішей. Досліджено вплив використання сивушних масел у товарних паливах на екологічні показники роботи бензинового і дизельного двигуна на режимі холостого ходу.

Ключові слова: альтернативні палива, змішування, двигуни внутрішнього згорання, перспектива, економія, екологія, покращення.

Рис 6. Табл 9. Форм 7. Літ 10

В.М.Мельник

**ОБ ИСТОЧНИКАХ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

В работе рассмотрены вопросы влияния добавок сивушных масел к товарным топливам, исследованы основные эксплуатационные показатели образованных топливных смесей. Исследовано влияние использования сивушных масел в товарных топливах на экологические показатели работы бензинового и дизельного двигателя на режиме холостого хода.

Ключевые слова: альтернативные топлива, смешивания, двигатели внутреннего сгорания, перспектива, экономия, экология, улучшение.

V.Melnyk

A SOURCE OF ALTERNATIVE FUEL FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Reduction of oil and gas, raising its price, energy crisis, catastrophic pollution by exhaust gases, the dependence of many countries on imports of raw materials is growing, accelerating global warming - these are the circumstances that forced to seek non-traditional motor fuels and renewable energy.

In Ukraine today is following main promising source of alternative fuel for internal combustion engines: biological methane, biological diesel, hydrogen, alcohols and additives.

A promising alternative fuel for use in engines are alcohols and waste from their production in pure form and in mixtures of gasoline and diesel fuel in certain proportions.

The problem of processing distilleries secondary products including fusel oil is extremely high given attention.

Research performance properties of fusel oils and their blends with diesel fuel and gasoline were conducted by the author determined the optimal composition of the fuel mix for use as a fuel for engines.

With modern methods of cleaning exhaust gases of petrol and diesel engines, and given the small power loss when using fusel oils as additives to commodity fuels savings can last up to 20%.

Keywords: alternative fuels, mixing, internal combustion engines, the prospect of saving, ecology, improvement.

Постановка проблеми

Більшість автомобілів використовує сьогодні як паливо продукти переробки нафти - бензин і дизельне паливо, а також газоподібне паливо у стиснутому та зрідженому стані.

Якщо збільшення кількості автомобілів йтиме нинішніми темпами, то розвіданих запасів нафти і газу (за даними фірми British Petroleum) вистачить приблизно на 40 років.

Скорочення запасів нафти і газу, підвищення її ціни, енергетичні кризи, катастрофічне забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами, залежність багатьох країн від імпорту цієї сировини, що постійно зростає, прискорення глобального потепління - ось основні обставини, які примушують шукати нетрадиційні моторні палива і відновлювані джерела енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для України на сьогодні є такі основні перспективні джерела альтернативного палива для ДВЗ: біометан, біодизельне паливо, водень, спирти та їх добавки [1-5].

Основні переваги та недоліки даних напрямків подано у табл. 1.

Виробництво біодизельного палива на приклад з ріпакової олії вимагає досить великих земельних площ під його посіви, а сам по собі ріпак виснажує землю і в результаті вона знижує родючість. Також біодизельне паливо має і певні недоліки [1, 2]:

- використання біодизельного палива не дає гарантії скорочення викидів в атмосферу токсичних і парникових газів. Викиди від згорання біодизельного палива, виготовленого з кукурудзи або насіння ріпаку, є більш руйнівними для атмосфери планети, ніж викиди від згорання аналогічної кількості нафти і газу. Біодизельне паливо створює від 50% до 70% парникових газів, які ведуть до розігрівання атмосфери;

- олії з ріпаку має так званий показник свіжості - «кислотне число». Термін зберігання біодизеля не більше 3 місяців, що обмежує його вживання;
- агресивніше щодо гумових та полімерних деталей двигунів, ніж звичайне нафтове паливо;
- біодизель є дорожчим, ніж дизельне паливо. Взимку, при мінусових температурах, у чистому вигляді біодизельне паливо застигає.

Таблиця 1

Основні переваги та недоліки перспективні джерела альтернативного палива для ДВЗ

Джерела альтернативного палива			
Біометан	Біодизельне паливо	Водень	Спирти
<ul style="list-style-type: none"> - для виробництва використовуються побутові відходи, законсервовані сміттєзвалища, відходи рослинництва, птахівництва, тваринництва; - отриманий газ аналогічний природному; - безпечний для довкілля; - джерело відновлюване. 	<ul style="list-style-type: none"> - для виробництва використовують олійні рослини; - отримане паливо має наближені до дизельного палива властивості; - для використання у чистому виді необхідно переобладнувати двигун; - джерело відновлюване. 	<ul style="list-style-type: none"> - добувають в основному з природного газу, води; - отримане паливо має високу теплоту згоряння; - дороге виробництво; - безпечний для довкілля; - великі запаси. 	<ul style="list-style-type: none"> - виробляється з цукрового буряка; - нижча теплотворна здатність; - безпечні для довкілля; - для використання у чистому виді необхідно переобладнувати двигун; - джерело відновлюване.

Посіви ріпаку все частіше стали піддаватися агресії з боку низки захворювань і природних споживачів. При цьому хвороби, які стали масово поширюватися на ріпак, раніше на території України не спостерігалися. Поява хвороб потребує інтенсивного застосування отрутохімікатів, що призводить як до негативних екологічних наслідків, так і до зростання собівартості вирощування культури [1].

Тому для нашого регіону перспективним моторним паливом є біогаз, що є аналогом природного газу. Добувати біогаз в Україні можна з декількох джерел: побутові відходи, відходи тваринництва (птахівництва), відходи рослинництва та законсервовані сміттєзвалища. Але оскільки біогаз має низьку теплоту згоряння то ефективність роботи двигунів внутрішнього згоряння на біогазі буде низькою. Тому, ефективніше буде використовувати не біогаз, а отриманий з нього біометан. Для цього з біогазу вилучають CO₂ та інші складові. Отриманий при цьому газ має практично однорідний склад (біометан) з теплою згоряння 35-40 МДж/м³ [2].

Використання біометану в бензинових системах живлення у стиснутому чи зрідженому вигляді проблем не створює оскільки вітчизняна та зарубіжна автопромисловість на сьогодні випускає автомобілі з штатними системи живлення для газового палива [1, 5].

Більше проблем виникає під час використання біометану на дизелях, тому що необхідно переобладнувати систему живлення. Але і дана проблема вже вирішена, так наприклад розробка інституту газу НАН України (О.І.П'ятничко та ін.) дозволяє використовувати біометан для живлення переобладнаних за їхньою технологією дизельних двигунів на газодизелі. На сьогодні в Україні уже працює ряд комерційних фірм, що переобладнують системи живлення дизелів на газодизельний цикл, наприклад компанія ТОВ «АГАТЕМ» є першим національним оператором за наданням послуг переобладнання автотранспорту фізичних і юридичних осіб на системи ГБО всіх поколінь і різновидів, включаючи газодизельні системи [6].

Принцип роботи газодизеля наступний. Газ подається в циліндри двигуна через впускний колектор разом з повітрям, а в кінці такту стиску через форсунки впорскується дозована кількість дизельного палива необхідна для запалювання газоповітряної суміші. Витрата палива напряму залежить від умов експлуатації автомобіля. На холостому ходу автомобіль працює тільки на дизельному паливі, при збільшенні обертів і навантаження відбувається заміщення вказане на графіку.

Проте, існують деякі проблеми з генерації біогазу [5]:

©В.М.Мельник

- хімізма та кінетика процесу бродіння;
- пошук та визначення оптимальних технологічних параметрів для отримання максимального виходу метану.

Щодо виробництва біогазу на території Івано-Франківської області, то на сьогодні будується дві біогазові установки на базі ТОВ "Даноша" з метою утилізації відходів виробництва та переробки їх на біогаз та мінеральне добриво.

Виробництва біометану із законсервованих смітт'єзвалищ, то відзначу, що є позитивний в цьому плані досвід Польщі.

У наш час досить вагомим конкурентом вуглеводневих палив для ДВЗ стає водень в продуктах згорання якого не міститься токсичних продуктів неповного згорання вуглеводневих палив (CO , C_nH_m , NO) [4].

Проте, для масштабного використання водню як палива для автомобільного транспорту необхідно вирішити дві основні задачі:

- потрібно організувати його масове та дешеве виробництво;
- створити ефективні та надійні засоби зберігання запасів водневого палива на борту автомобіля в кількості, необхідній для забезпечення потрібної дальності автономного пробігу. Вирішення даних проблем зробить водень серйозним конкурентом вуглеводневих палив.

Перспективним альтернативним паливом для використання в двигунах є спирти та відходи від їх виробництва у чистому вигляді, та в сумішах з бензинами та дизельними паливами у певних співвідношеннях [2, 8].

Використання спиртів та сполук на їх основі на серійних бензинових двигунах без суттєвих змін в конструкції можливе лише при обмеженому додаванні їх до основного палива.

У ряді країн світу вже застосовуються бензини з 10-15% різних паливних домішок. Зокрема суміш бензину з етанолом (10-12%) успішно використовується у США та Канаді, а також у Бразилії, де її виробництво здійснюється на основі національної програми. У США 80% виробленого етанолу використовується як паливо. У Франції застосовується пальне з вмістом у ньому 5% етанолу.

У наш час для зменшення обсягу імпорту нафти та нафтопродуктів доцільно організувати виробництво паливного спирту при додаванні якого у кількості 6-12% до бензину не потрібно вносити зміни в конструкції ДВЗ [8].

У зв'язку з тим, що в етанолу, в порівнянні з бензином, вище ОЧ, при переведенні двигуна на живлення етанолом можна суттєво підвищити міру стиску і таким чином збільшити коефіцієнт корисної дії ДВЗ і покращити його паливну економічність.

Таким чином, можна стверджувати, що етиловий спирт як моторне паливо в ДВЗ може використовуватись двома шляхами: в суміші з бензином та в чистому вигляді.

У 1998-1999 роках ДержавтотрансНДІпроектотом Мінтрансу України та УкрНДІНП "МАСМА" Мінпаливенерго проведено випробування високооктанової кисневмісної добавки до бензинів (ВКД) українського виробництва – аналогу паливної етанолової добавки до бензинів, яка використовується у світі. Внаслідок цього було затверджено галузевий стандарт ГСТУ 320.00149943.015-2000 " Бензини моторні сумішеві. Технічні умови " згідно яких сумішеві бензини з вмістом ВКД до 6 % виробляються і використовуються в Україні як автомобільне паливо. До основних недоліків ВКД належать такі: нижча у порівнянні з бензином, теплота згорання, а також вища собівартість виготовлення [9].

Мета роботи – комплексний аналіз можливості використання сивушних масел – відходів спиртової промисловості у якості добавок до моторних палив для ДВЗ.

Обладнання і методика експерименту. Октанове та цетанове число, визначали за допомогою приладу „Октанометр” ПЭ – 7300 згідно інструкції для експлуатації, сертифікат відповідності якого №РОСС RU.МЕ 48.Н01329.

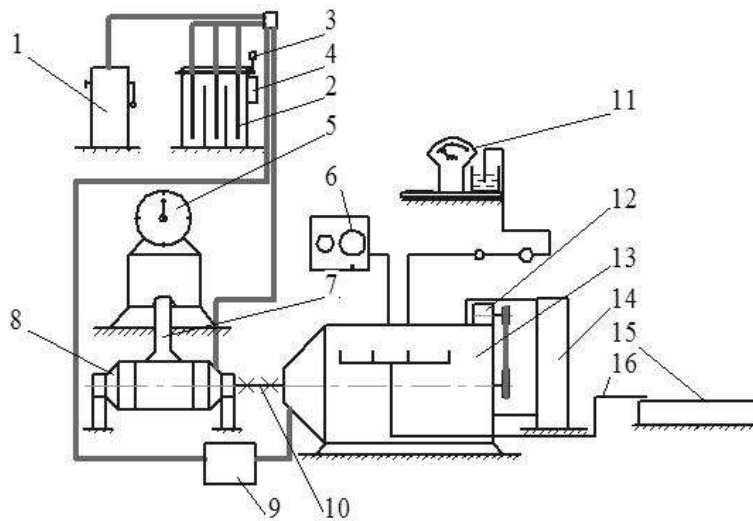
Кінематичну в'язкість палив вимірювали з максимальною похибкою $\pm 3\%$ згідно ГОСТ 33-66 капілярним віскозиметром ВПЖ-2 в комплекті з рідинним термостатом моделі СЖМЛ-19 /2,5-И1.

Густину палив та паливних сумішей визначали ареометром з максимальною похибкою $\pm 1\%$ згідно ГОСТ 3900-85.

Для проведення екологічних досліджень використано дослідні установки (рис. 1, 2), а також інше допоміжне обладнання: барометр моделі М-67, прилад для визначення вмісту CO моделі 121ФА-01, вмісту C_nH_m моделі 123ФА-01, вмісту NO моделі 344 ХЛ 14 та секундомір.

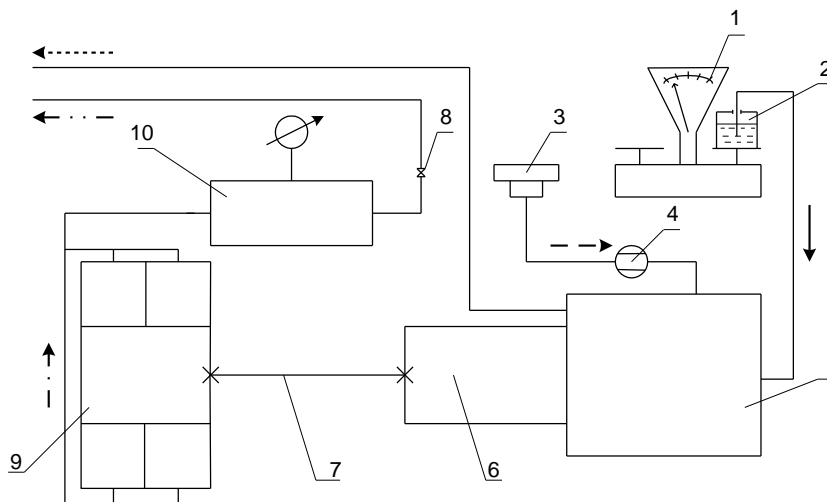
Основні фізико-технічні властивості сумішей товарних палив з СМ – густина, кінематична в'язкість, октанове число та ін. досліджувалися експериментальним шляхом. Під час проведення

експериментальних досліджень та обробки результатів застосовувалися методи найменших квадратів та математичної статистики.



1- шафа силова; 2- реостат; 3- регулятор глибини занурення електродів; 4- мішалка електрична; 5- вага ВКМ-32; 6- панель приладів; 7- важіль; 8- двигун навантажувальний; 9- блок живлення двигуна ЗІЛ-130; 10- передача карданна; 11- вага аналітична; 12- тахометр; 13- двигун ЗІЛ-130; 14- радіатор системи охолодження двигуна; 15- майданчик для визначення впливу відпрацьованих газів ДВЗ на ґрунт; 16-трубопровід для відводу відхідних газів ДВЗ

Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження екологічних показників роботи двигуна ЗІЛ-130



→ - напрямок руху палива в систему живлення; - - - -> - напрямок руху повітря в систему живлення; - · -> - рух повітря до ресивера; ← · - - - - рух повітря в навколишнє середовище; ← · · · · · - рух відхідних газів в навколишнє середовище; 1- вага аналітична; 2- ємність для палива; 3- фільтр повітряний; 4- лічильник газовий; 5- двигун дизельний; 6- коробка передач; 7- карданна передача; 8- вентиль; 9- компресор; 10- ресивер

Рис. 2. Схема експериментальної установки для дослідження екологічних показників роботи дизельного двигуна Д21А1

Результати досліджень та їх аналіз. За результатами дослідження можливості використання сивушних масел – відходів спиртової промисловості у якості добавки до

традиційних товарних палив було встановлено їх основні фізико-технічні характеристики з бензином А-80 та дизельним паливом: октанове і цетанове число, густину, в'язкість (рис. 3-6).

Одержані графічні залежності на рис. 5 описуються апроксимаційними рівняннями – поліномами другого порядку відносно об'ємного вмісту СМ у сумішах:

$$ОЧ_M = 76 - 0,1113V_{CM}^2 + 2,9V_{CM}, \quad (1)$$

$$ОЧ_D = 80 - 0,0744V_{CM}^2 + 2,5786V_{CM}, \quad (2)$$

де $ОЧ_M$ – визначене октанове число суміші за моторним методом;

$ОЧ_D$ – визначене октанове число суміші за дослідним методом;

V_{CM} – об'ємний вміст СМ в паливних сумішах, %.

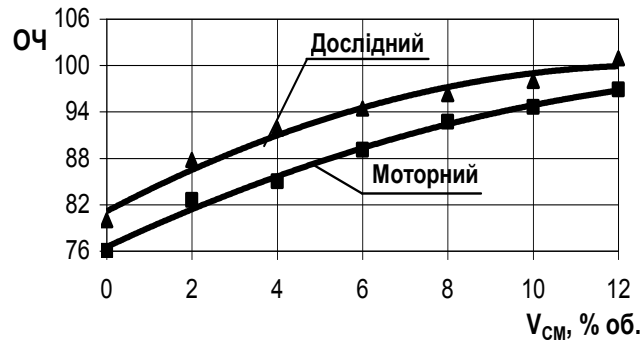


Рис. 3. Залежність октанового числа ОЧ бензину А-80 від об'ємного вмісту СМ, V_{CM}

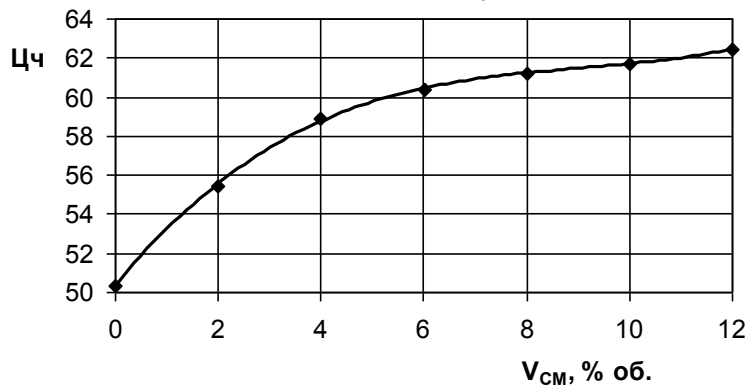
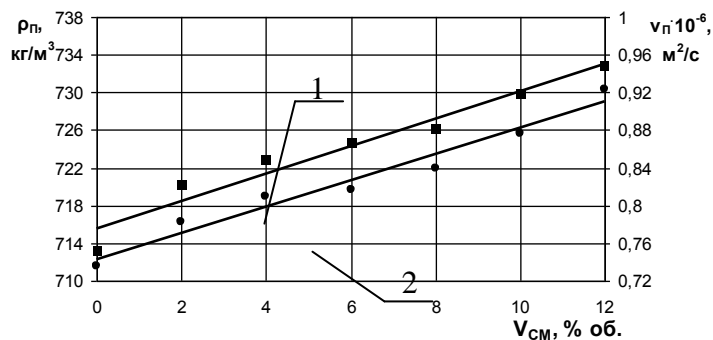


Рис. 4. Експериментальна залежність цетанового числа ЦЧ суміші дизельного палива з СМ від об'ємного вмісту СМ, V_{CM}

Відповідно до результатів визначення цетанового числа сумішей дизельного палива та СМ (рис. 6) отримано наступне апроксимаційне рівняння:

$$ЦЧ = 49,9 - 0,1366V_{CM}^2 + 2,5532V_{CM}, \quad (3)$$

де ЦЧ – цетанове число суміші дизельного палива і СМ.



1 – густина паливних сумішей; 2 – кінематична в'язкість паливних сумішей
Рис. 5. Вплив об'ємного вмісту сивушних масел V_{CM} на кінематичну в'язкість ν_n і густину ρ_n паливних сумішей

Зображені на рис. 5 криві зміни густини та в'язкості описуються наступними апроксимаційними залежностями з коефіцієнтами кореляції 0,954 та 0,963 відповідно:

$$\rho_{п} = a + b \cdot V_{СМ}, \quad (4)$$

$$v_{п} = a_1 + b_1 \cdot V_{СМ}, \quad (5)$$

де a, b, a_1, b_1 , – експериментальні коефіцієнти, що наведені в табл. 2 та визначалися за методом найменших квадратів.

Таблиця 2 – Експериментальні значення коефіцієнтів в рівняннях (4) та (5)

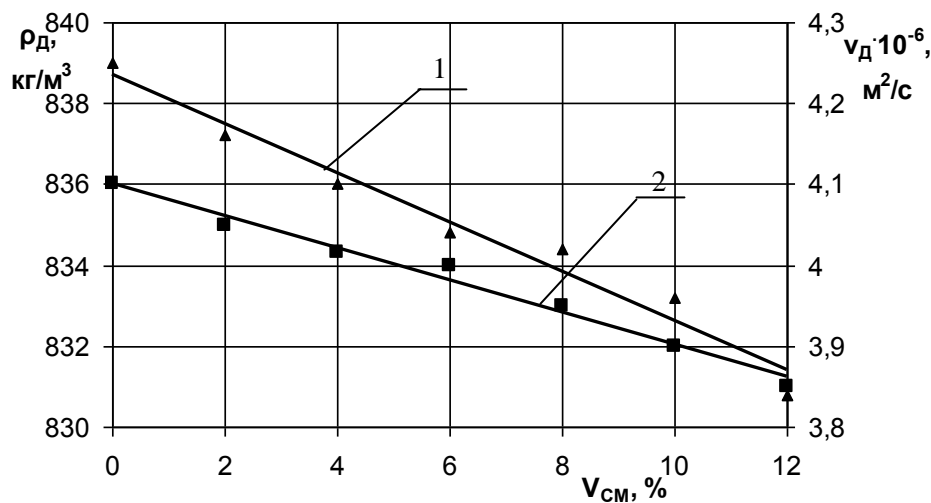
Значення коефіцієнтів			
$\rho_{п}, \text{кг/м}^3$		$v_{п}, \text{м}^2/\text{с}$	
a	b	a_1	b_1
715,55	1,14554	$0,7426 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$

Експериментальні залежності густини сумішей дизельного палива та СМ від об'ємного вмісту СМ (рис. 6) апроксимуються наступними рівняннями з коефіцієнтами кореляції $\rho = 0,93$ та $\rho = 0,99$ відповідно:

$$v_{д} = 4,236 \cdot 10^{-6} - 3,05 \cdot 10^{-8} V_{СМ}, \quad (6)$$

$$\rho_{д} = 836 - 0,398 V_{СМ}, \quad (7)$$

де $v_{д}$ – кінематична в'язкість суміші дизельного палива і СМ, $\text{м}^2/\text{с}$;
 $\rho_{д}$ – густина суміші дизельного палива і СМ, кг/м^3 .



1- в'язкість паливних сумішей, $\rho = 0,97$; 2- густина паливних сумішей, $\rho = 0,98$; $t_{нС} = 20^\circ\text{C}$; $p_{б} = 730 \text{ мм.рт.ст.}$

Рис. 6. Залежність в'язкості $v_{д}$ і густини $\rho_{д}$ сумішей дизельного палива та СМ від об'ємного вмісту СМ, $V_{СМ}$

На вміст CO , NO і C_nH_m у відхідних газах бензинових ДВЗ впливає кут випередження запалення, а тому, з метою виключення впливу цього кута в процесі проведення експерименту він не змінювався.

Результати експерименту наведені в табл. 3-6.

Таблиця 3

Результати визначення вмісту CO у відхідних газах двигуна ЗИЛ-130 на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Вміст CO, % об.			
	1	2	3	Середнє значення
0	1,51	1,52	1,5	1,51
5	1,45	1,45	1,43	1,44
8	1,42	1,41	1,4	1,41
10	1,37	1,35	1,35	1,36

Таблиця 4

Результати визначення вмісту C_nH_m у відхідних газах двигуна ЗИЛ-130 на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Вміст C _n H _m , млн ⁻¹			
	1	2	3	Середнє значення
0	1400	1400	1450	1416
5	1450	1450	1450	1450
8	1450	1500	1500	1483
10	1500	1500	1550	1550

Таблиця 5

Результати визначення вмісту NO у відхідних газах двигуна ЗИЛ-130 на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Вміст NO, млн-1			
	1	2	3	Середнє значення
0	210	200	210	210
5	240	240	230	236
8	260	250	260	257
10	270	280	280	276

Таблиця 6

Результати визначення масової витрати палива, двигуна ЗИЛ-130 при його роботі на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Масова витрата палива G, г/хв.			
	1	2	3	Середнє значення
0	80	81	81	80,7
5	82	83	82	82,3
8	85	84	84	84,3
10	86	86	87	86,3

Як видно з табл. 3-6, у результаті збільшення вмісту СМ в паливі до 10%, спостерігається зростання витрати палива, що пояснюється збільшенням густини паливних сумішей та деяке збільшення концентрації вуглеводнів та оксидів азоту у відпрацьованих газах двигуна ЗИЛ-130. Проте із збільшенням вмісту СМ в паливі спостерігається зменшення концентрації оксидів вуглецю.

Дослідження токсичності роботи дизеля Д21А1 на режимі холостого ходу проводилися при частоті обертання колінчастого вала n=600 об/хв. Результати експерименту наведені у табл. 7 – 9.

Таблиця 7.

Результати визначення вмісту C_nH_m у відхідних газах двигуна Д21А1 під час роботи на режимі холостого ходу

Вміст $СМ$, % об.	Вміст C_nH_m , млн. ⁻¹			
	1	2	3	Середнє значення
0	500	500	500	500
2	500	550	500	516
4	550	550	500	533
6	550	550	550	550

Таблиця 8.

Результати визначення вмісту у відхідних газах двигуна Д21А1 під час роботи на режимі холостого ходу

Вміст $СМ$, % об.	Вміст NO , млн.-1			
	1	2	3	Середнє значення
0	214	215	214	214
2	216	216	216	216
4	218	218	218	218
6	219	219	220	219

Таблиця 9.

Результати визначення масової витрати палива G двигуна Д21А1 під час роботи на режимі холостого ходу

Вміст $СМ$, % об.	Вміст G , г/хв.			
	1	2	3	Середнє значення
0	9,37	9,4	9,41	9,39
2	9,5	9,51	9,5	9,5
4	9,78	9,79	9,77	9,78
6	9,9	10	10,1	10

Висновки. За результатами досліджень октанового числа нами встановлено оптимальні склади паливних сумішей $СМ$ з бензином А-80 можуть містити до 10 % $СМ$.

Для сумішей $СМ$ з дизельним паливом за цетановим числом оптимальний вміст $СМ$ в дизельному паливі від 4 до 10 % об'ємних. Але, згідно тенденцій розвитку дизельних двигунів збільшується міра стискування в них, що дозволяє використовувати дизельне паливо з вищим цетановим числом. Тому можна підняти вміст $СМ$ в дизельному паливі до 12%.

За результатами досліджень двигуна ЗИЛ-130 при додаванні до товарного бензину $СМ$ у кількості від 2 до 10 % об. знижується вмісту CO у відхідних газах ДВЗ на 9,3%, зростає витрата палива на 6,5%, вуглеводнів на 10,2% та оксидів азоту на 16,9 %.

У результаті збільшення вмісту $СМ$ в дизельному паливі від 0 до 6%, спостерігається зростання масової витрати палива до 6,1 %, збільшення концентрації вуглеводнів до 10% та оксидів азоту на 1,9% у відхідних газах двигуна Д21А1.

Слід зауважити, що конструкції сучасних ДВЗ мають високу міру стиску, адаптовану під паливо з високим октановим та цетановим числом та передбачають в своєму складі системи знешкодження шкідливих компонентів відхідних газів, ефективність дії яких становить, в середньому за всіма шкідливими компонентами більше 80%. А отже використання добавок $СМ$ до товарних палив є досить перспективним і дасть можливість скоротити потребу у товарних паливах до 20%.

Таким чином, як ми бачимо на сьогодні поряд з традиційними паливами для ДВЗ можна досить ефективно використовувати їх альтернативні замітники як у чистому вигляді так і в сумішах з ними, всі передумови для цього в Україні та області є постає питання тільки фінансування даних проєктів.

1. Редзюк А.М., Рубцов В.О. (Державтотрансдипроєкт), Гутаревич Ю.Ф. (УГУ). Проблема та перспективи використання рослинної олії як моторного палива. Автошляховик України. – 1999. – №1. – с. 4-6.
2. Розвиток виробництва та споживання біологічних палив в Україні: зб. матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конф. (К., 2007 р.) / Українська асоц. виробників біоенергетичної сировини, устаткування біопалива та наукового забезпечення розвитку біоенергетичного вир-ва "УКРБІОЕНЕРГО". - К.: Парламентське вид-во, 2007. - 72 с.
3. Широкомасштабные эксперименты по введению рапсового масла в дизельное топливо. Автомобильная промышленность США. – 1997. – №3.– С.5–8.
4. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей / А.И. Мищенко. – К.: Наук. Думка. – 1984. – 134 с.
5. Ратушняк Г. С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела тепlopостачання: навч. посібник/ Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с. – ISBN 978-966-641-384-3.
6. Ковальов С.О. Екологічні аспекти переобладнання дизелів у газодизелі / С.О. Ковальов, К.С. Назаренко // Автошляховик України. – 2003. – №5. – С. 15-18.
7. В.М. Мельник. Альтернативні палива дизельних двигунів нафтогазової галузі. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. - №4(17). – с. 92-94.
8. В.М. Мельник, Ф.В. Козак, Л.І. Гаєва. Про альтернативні палива поршневіх двигунів нафтогазової галузі. Науковий вісник.– 2005 р. – №1. – с.137-140.
9. Корпач А.О. Ефективність використання високооктанової кисневмісної добавки до моторних палив / А.О.Корпач, А.Т. Говорун, В.Л. Дяченко // Автошляховик України. – 2004. – №3. – С. 141-144.
10. Мельник В.М. Утилізація сивушних масел у двигунах внутрішнього згорання / В.М.Мельник, Ф.В.Козак, Л.І.Гаєва // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – №3(32). – С. 93-97.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2014

УДК 621.891

О.О.Микитюк, С.П.Шимчук
Луцький національний технічний університет
МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХОНЬ З ПОКРАЩЕНИМИ
ТРИБОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

У статті представлено характеристики методів формування мікрорельєфу поверхонь. Показано проблеми та недоліки цих методів і висвітлено перспективи розвитку технологій створення мікрорельєфу поверхонь з покращеними трибологічними властивостями

Ключові слова: *поверхневий шар, трибологічні властивості, формування мікрорельєфу, якість поверхні, шліфування, шабрування, притирання поверхонь*

Рис 2. Літ 6.

Е.А.Микитюк, С.П.Шимчук
МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТЕЙ С
УЛУЧШЕННЫМИ ТРИБОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В статье представлены характеристики методов формирования микрорельефа поверхностей. Показаны проблемы и недостатки этих методов и освещены перспективы развития технологий создания микрорельефа поверхностей с улучшенными трибологическими свойствами

О.Мукитюк, S.Shymchuk.
METHODS OF MICRORELIEF FORMATION SURFACES WITH IMPROVED
TRIBOLOGICAL PROPERTIES

The article presents the characteristics of the methods of microrelief formation surfaces. It describes the problems and disadvantages of these methods and lit prospects of development of technologies of creation of a micro relief of the surface with improved tribological properties.

In our time, reliability and durability of machine parts are very important. In most cases, their destruction begins on the surface. This is largely due to the poor service properties of the surface layer.

In the modern machinery, the increase of unit loads and speeds of movement complicate conditions of details and units of machines, which leads to increased intensity of wear of the contacting surfaces. In connection with this finding ways of increasing wear resistance and durability of machine parts is of great practical importance.

Wear and damage surfaces reduce the fatigue resistance of parts and can be the cause of their destruction even minor stress concentrators and very low nominal voltages. Increased wear disrupts the normal interaction of parts in nodes can cause significant additional workload, strikes in the joints and vibration, cause unexpected failures. With higher wear is often associated unacceptable noise machine.

We can say that the fundamental research in the field of forming surfaces with improved tribology properties are becoming more widespread and are carried out by many scientists. With different methods of microrelief formation surfaces.

But, despite the large number of publications, the formation of the microrelief studied not enough. There are no data to create a surface with a maximum win per tribology properties. The above methods are not ensure the regularity of microrelief, so we need to develop new ways of forming the surface with regular or partially regular microrelief

Постановка проблеми. У наш час надійність і довговічність машин мають дуже важливе значення. У більшості випадків руйнування деталей машин починається з поверхні. Це багато в чому пояснюється низькими службовими властивостями поверхневого шару.

Статистика свідчить, що близько 80 % несправностей в роботі машин трапляється через знос і руйнування поверхонь тертя деталей. 20-25% вартості машин і 5 % від обсягу їх промислового випуску в грошовому еквіваленті йде на заміну зношеної продукції. Основна частина деталей виходить з ладу не через втрату міцності, а внаслідок зношування [1]. Крім того, зношування найчастіше є першопричиною поломки деталей, оскільки сприяє насиченні поверхневого шару дефектами й зниженні міцності. Є ряд областей техніки, у яких невіршені проблеми зношування гальмують розвиток виробництва. З кожним роком ці проблеми стають усе більш гострими тому, що посилюються режими експлуатації технічних засобів, підвищуються вимоги до їх надійності, довговічності і точності функціонування.

У сучасному машинобудуванні збільшення питомих навантажень і швидкостей руху ускладнюють умови експлуатації деталей і вузлів машин, що призводить до підвищення інтенсивності зносу контактуючих поверхонь. У зв'язку з цим пошук шляхів підвищення зносостійкості та довговічності деталей машин має велике практичне значення.

В процесі тертя деталей машин виникають значні зміни в матеріалах і їх поверхневих робочих шарах. Це відбувається під впливом пружно - пластичної деформації, виділенні теплоти при роботі сил тертя і переході механічної енергії в теплову, а також протіканні ряду інших

©О.О.Микитюк, С.П.Шимчук

процесів. Виникаючі температура, деформація та ціла сукупність чинників, що діють на матеріал, визначають можливість протікання в ньому ряду складних і взаємопов'язаних процесів, що залежать від умов та режимів тертя, природи матеріалів трибосистеми та робочого середовища, їх будови, структури та комплексу інших властивостей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Незважаючи на значний прогрес науки про тертя та зношування, питання підвищення зносостійкості і зменшення втрат у трибологічних системах залишаються багато в чому невирішеними. Це пояснюється складністю процесів і явищ, які відбуваються в тонких поверхневих шарах трибоспряжень, дослідження яких викликає значний інтерес у трибологів [1-5].

Зношування і пошкодження поверхонь знижують опір втомі деталей і можуть служити причиною їх руйнування навіть при незначних концентраторах напружень і дуже низьких номінальних навантаженнях. Підвищене зношування порушує нормальне контактування деталей у вузлах та викликає значні додаткові навантаження, удари і вібрації в спряженнях та може стати причиною раптових руйнувань. З підвищеним зношуванням нерідко пов'язаний недопустимий шум машин.

Виклад основного матеріала статті. Розглянемо зовнішній прошарок деталі, що має макро- і мікровідхилення від ідеальної геометричної форми і змінені фізико-механічні властивості порівняно з властивостями основного матеріалу, що називають поверхневим прошарком. Він формується при виготовленні і експлуатації і в глибину може складати від десятих долей мікрметра до декільких міліметрів. Схему цього прошарку показано на рис. 1., [2].

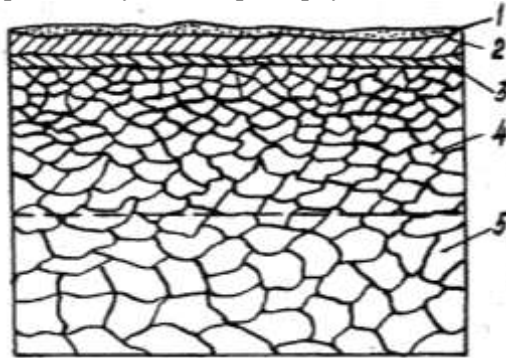


Рис. 1. Схема поверхневого прошарку деталі: 1 – адсорбована зона; 2 – зона оксидів; 3 – гранична зона; 4 – зона металу зі зміненою твердістю, структурою, фазовим і хімічним складом; 5 – основний метал

Висота і форма, а також характер розташування і напрямок нерівностей оброблених поверхонь залежить від:

- режимів обробки;
- геометричних параметрів різального інструмента;
- оброблюваного матеріалу;
- жорсткості технологічної системи;
- умов охолодження та мащення зони різання.

Одночасно зі створенням нерівностей змінюється і структура поверхневого шару, він переносить пластичні деформації і набуває деформаційного зміцнення (наклепу), твердість його підвищується, виникають внутрішні напруження. Ступінь наклепу металу та глибина проникнення пластичних деформації залежить від:

- способу обробки – різання, шліфування, накатування;
- режимів різання та геометрії інструмента.

Отже, параметри, що характеризують якість поверхні – це геометричні (шорсткість) та фізико-механічні (твердість, наклеп, залишкові напруження), рис. 2 [6].

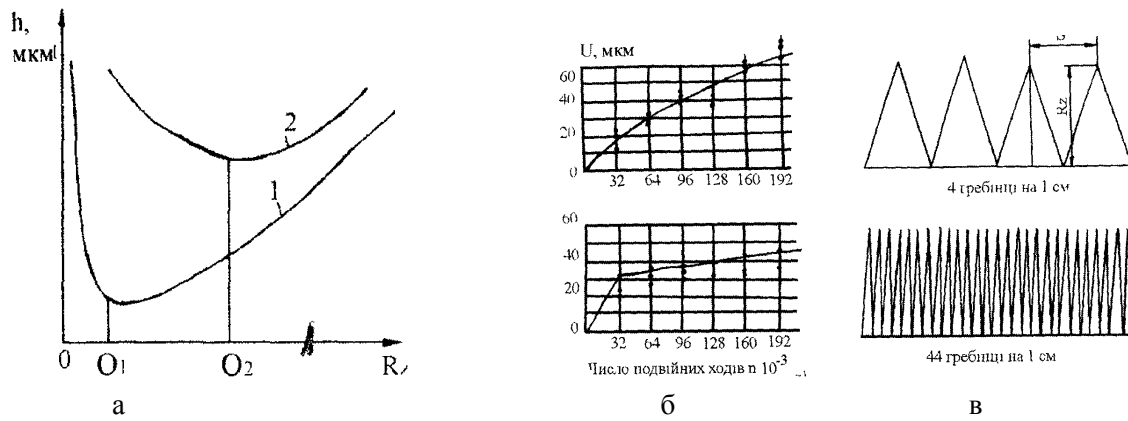


Рис. 2. Вплив шорсткості поверхонь на зносостійкість: а-залежність зношування від висоти нерівностей поверхні; б- криві зношування поверхонь з різною формою нерівностей; в- при однаковій висоті нерівностей

Порівняємо різні методи формування мікрорельєфу поверхонь. Застосування методів холодного пластичного деформування є одним із способів підвищення довговічності деталей машин. Наприклад, поверхневе пластичне деформування (ППД) забезпечує одержання шару деформаційного зміцнення, невеликі значення висоти мікронерівностей і великі значення відносної опорної довжини профілю обробленої поверхні, що сприяє підвищенню міцності при циклічному навантаженні й опору зношуванню.

Шабрування – це точна обробка поверхні деталі шляхом знімання мікроскопічно тонкого шару металу за допомогою спеціального однолезового різального інструмента – шабера. Це процес чистової обробки, який може бути використаний як до площин, так і для поверхонь іншої форми. Метою шабрування є підвищення точності форми, розміру, взаємного розташування попередньо оброблених іншими способами поверхонь.

При шліфуванні зовнішніх циліндричних поверхонь використовують дві основні схеми – шліфування з поздовжньою подачею (на прохід) та з поперечною подачею (врізне шліфування). Шліфування виконують на круглошліфувальних верстатах.

Швидкість різання $V=35 \dots 60$ м/с забезпечується за рахунок обертання шліфувального круга. Заготовку в більшості випадків встановлюють у жорстких центрах та забезпечують її обертання зі швидкістю на поверхні обробки $10 \dots 20$ м/хв. Точність чистового шліфування поверхонь досягає 6-7-го квалітетів при шорсткості поверхні $R_a 0,2$ мкм.

Крім розглянутих способів для деталей типу штифтів, гладких та східчастих валиків, використовують спосіб безцентрового шліфування, яке теж буває на прохід та врізним.

Притирання – метод чистової абразивної обробки поверхонь деталей шліфувальними порошками чи пастами, за якого обробний інструмент і заготовка одночасно здійснюють відносний рух із швидкостями одного порядку, або в разі нерухомості одного з них інший здійснює складний рух.

Притирання є процесом оздоблювальної обробки, який забезпечує високу точність (4-5-й квалітети) та мінімальну шорсткість поверхні $R_a (0,01 \dots 0,04)$ мкм. Притирання зовнішніх циліндричних поверхонь у більшості випадків здійснюють на верстатах токарної групи з горизонтальною віссю шпинделя. В умовах масового виробництва, наприклад, при виготовленні поршневих пальців для притирання використовують спеціальні верстати.

Різальним інструментом є притир у вигляді розрізаної з одного боку по всій довжині втулки із внутрішнім діаметром, що дорівнює діаметру поверхні притирання. Конструктивно притир має елементи (хомут, болтове з'єднання тощо), що дозволяють стискати його відносно оброблюваної поверхні для створення певної сили тиску абразиву на поверхню.

Швидкість при обертанні заготовки $19 \dots 20$ м/хв, а зворотно-поступальна швидкість притира – $1 \dots 3$ м/хв. Притирання забезпечує 3-5-й квалітети точності при шорсткості до $R_a (0,02 \dots 0,04)$ мкм.

Полірування – оздоблювальна обробка, метою якої є зменшення шорсткості поверхні як у декоративних, так і в експлуатаційних цілях для підвищення її зносостійкості.

Полірування здійснюють за допомогою абразивних матеріалів дуже дрібних фракцій. Це можуть бути як природні матеріали так і штучні абразиви. Їх наносять на полірувальні круги та

стрічки, включають до складу полірувальних паст, суспензій, а також використовують у вигляді вільних абразивів. Полірувальні круги виготовляють із фетру, повсті, гуми тощо. На їх периферію наносять абразивну пасту або порошок, який закріплюють за допомогою клею.

Швидкість різання при поліруванні кругом або стрічкою до 40-50 м/с забезпечується обертанням круга або швидкістю стрічки. Заготовку притискають до круга або стрічки із питомим зусиллям 0,035...0,075 МПа. Полірування дозволяє зменшити шорсткість поверхні до рівня Ra (0,01...0,04) мкм

Полірування поверхонь обертання, як і площин, використовують з метою зменшення шорсткості поверхні як у декоративних, так і в експлуатаційних цілях – підвищення її зносостійкості [3].

Спосіб отримання мікрорельєфу на поверхні металів [4] у вигляді відтиску мітки полягає у створенні мікрорельєфу залежно від форми мітки. Його отримують за допомогою матриці, пресуюча поверхня якої зроблена у вигляді виготовленої з нікелю фольги з голографічним мікрорельєфом. Виріб попередньо нагрівають і витримують при температурі вищій за температуру рекристалізації металу, але нижче температури плавлення. Після чого проводять тиснення виробу, прикладаючи до його поверхні за допомогою матриці пресуюче зусилля ступінчатого характеру, при якому ступінь росту напруження пластичної деформації матеріалу виробу чергується зі ступінню падіння напруження. До недоліків цього способу можна віднести те, що він заснований на пластичній деформації поверхні виробу.

Ще один спосіб, коли мікрорельєф на металевій поверхні отримують, виконуючи операції нанесення на цю поверхню шару фоторезиста, подальшу його оптичну модуляцію та хімічну обробку, в процесі якої видаляють ділянки фоторезиста, що розчинилися. Після цього поверхня набуває вигляду мікрорельєфної структури у вигляді гребенів і борозен. До недоліків методу потрібно віднести те, що його реалізація потребує виконання цілого ряду підготовчих операцій і здійснюється за допомогою додаткових речовин – хімічних реактивів. Сам процес формування мікрорельєфу передбачає видалення частини матеріалу поверхні виробу іонно-променевим травленням. При цьому, видалений з поверхні матеріал виробу і залишки фоторезиста забруднюють вакуумний об'єм обладнання, а зворотній потік видаленого матеріалу частково забруднює поверхню виробу.

Спосіб лазерного гравірування [5]. Формування рельєфу поверхні відбувається випаровуванням частини матеріалу виробу під дією концентрованого лазерного опромінення. При цьому, щільність випромінювання лазера повинна бути такою, щоб забезпечити видалення шару матеріалу, не пошкодивши сусідні ділянки. До недоліків способу слід віднести те, що високі абсолютні значення температури і температурні градієнти, що досягають в зоні обробки 106 К/см і вище, можуть вести до пластичних деформацій матеріалу, а після вирівнювання температури мають місце залишкові механічні напруження в районі зони обробки. В крихких матеріалах це може привести до тріщин і пошкодження виробу.

Висновки. Таким чином, можна сказати, що фундаментальні дослідження в області формування поверхонь з покращеними трибологічними властивостями набувають все більшого поширення і проводяться багатьма вченими. При цьому, використовуються різні методи формування мікрорельєфу поверхонь.

Але, не зважаючи на велику кількість публікацій, формування мікрорельєфу вивчене не достатньо. Відсутні дані, що дозволяють створювати поверхні з найкращими трибологічними властивостями для різних груп поверхонь та форм деталей. Вище розглянуті методи не забезпечують регулярність мікрорельєфу, тому потрібно розробляти нові способи формування поверхонь з регулярним чи частково регулярним мікрорельєфом.

1. Попов А.Н. Моделирование процесса формирования микрорельефа обработанной поверхности при алмазном выглаживании / А.Н. Попов, Н.В. Липандина // Вектор науки ТГУ № 3(13): 2010 г.: ст.- Тольятти (Россия): ТГУ, 2010.
2. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов : Монография. – М.: Машиностроение, 2008. –320 с.
3. Арзамасов Б.Н. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, И.И. Исидорин, Г.Ф. Косолапов и др. - 2-е изд., испр. и доп.- М.: Машиностроение, 1986.-384 с.
4. Пат. 2082993 Россия, G03F7/00, B44B5/00 Способ формирования микроповерхностей изделий / Якушев В.М., Каргин Н.И., Якушев А.В. – Северо-Кавказский государственный технический университет 1997 г.
5. Пат. 2080971 Россия, B23K26/00 Способ формирования микроповерхностей изделий / Якушев В.М., Каргин Н.И., Якушев А.В. – Северо-Кавказский государственный технический университет 1997 г.
6. Фенік Л.М. Технологічні основи машинобудування / Л.М. Фенік– Донецьк; ДонНТУ, 2008.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014

©О.О.Микитюк, С.П.Шимчук

УДК 625.852

О.С.Мінаков, І.В.Кіяшко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЩОДО РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ
АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ ЗА ГЛИБИНОЮ В КУЗОВІ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ

В статті експериментально обґрунтовано локальне зниження якості влаштування асфальтобетонних шарів за рахунок неоднорідності температури суміші при укладанні в покриття та ущільненні, що найбільшим чином утворюється під час транспортування суміші в кузові транспортного засобу. Визначено залежності розподілу температури асфальтобетонної суміші в кузові за глибиною, під час транспортування з використанням засобів теплоізоляції і без них.

Ключові слова: асфальтобетонна суміш, транспортування, температурна сегрегація, термовимірювальний комплекс.

Рис 6. Табл 2. Літ 10

В статье экспериментально обосновано локальное снижение качества устройства асфальтобетонных слоев за счет неоднородности температуры смеси при укладке в покрытие и уплотнении, которая в наибольшей степени образуется во время транспортировки смеси в кузове транспортного средства. Определены зависимости распределения температуры асфальтобетонной смеси в кузове по глубине, во время транспортирования с использованием средств теплоизоляции и без них.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, транспортирование, температурная сегрегація, термоизмерительный комплекс.

The decreasing of the asphalt concrete layers arrangement quality on account of the mix temperature inhomogeneity during the laying and compaction, which forms mostly during mix transportation in the body of the transport facility are experimentally grounded in the article. The temperatures spreading dependences of the asphalt concrete mixes in the body by depth during transportation with application of the thermal insulation means and without them are determined.

Keywords: asphalt concrete mix, transportation, thermal segregation, equipment for measure the temperature.

Постанова проблеми. Асфальтобетонні шари дорожніх одягів є найбільш відповідальними в конструкції дорожнього одягу з позиції сприйняття ними навантажень від транспортних засобів та руйнівної дії погодно-кліматичних факторів. Складність умов роботи конструкцій дорожнього одягу вимагають забезпечення високої якості влаштування шарів з гарячих асфальтобетонних сумішей для забезпечення в подальшому нормативних термінів їх служби. Нажаль, асфальтобетонні шари починають руйнуватися значно раніше з деяких наступних причин: порушення технології влаштування, руйнівного впливу кліматичних факторів та дії зверх нормативних транспортних навантажень. Однією з найважливіших причин передчасного руйнування є локальне зниження показників фізико-механічних властивостей матеріалу асфальтобетонного шару при влаштуванні за рахунок утворення на покритті ділянок з нерівномірною температурою по площі укладання. Такі дефектні ділянки руйнуються значно швидше, відбувається локальне послаблення конструкції дорожнього одягу, викришування мінерального матеріалу та утворення вибоїн, при цьому знижується строк служби покриття, комфортабельність та безпека руху [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Температурна неоднорідність гарячої асфальтобетонної суміші первісно утворюється на етапі транспортування за рахунок ненормованого часу на перевезення суміші від АБЗ до об'єкту укладання, що найчастіше приводить до тривалого знаходження суміші в кузові транспортного засобу (до декількох годин), обумовленого відстанню транспортування та впливом кліматичних факторів.

Під час транспортування суміші відбуваються складні процеси взаємодії матеріалу із зовнішнім середовищем. Зниження температури поверхневого шару суміші, а також в місцях контакту її зі стінками металевого кузова транспортної машини відбувається за рахунок віддача тепла в навколишнє середовище, що призводить до нерівномірності розподілу температури за об'ємом суміші при її розвантаженні та укладанні в дорожнє покриття. Такий ефект температурного розшарування названо температурною сегрегацією [2, 3].

На практиці температурну сегрегацію намагаються знижувати за рахунок використання великовантажних транспортних засобів з кузовами, що мають обігрів стінок кузова відпрацьованими газами двигуна, а також шляхом вкриття кузова теплоізолюючими засобами у

вигляді тентів, для запобігання інтенсивного охолодження гарячої асфальтобетонної суміші під час її транспортування.

Системами обігріву кузова обладнані майже всі сучасні автосамоскиди. Однак, як показує досвід експлуатації, у багатьох випадках існуючі системи обігріву не ефективні [4, 5] за рахунок низької енергії відпрацьованих газів двигуна. Так максимальна температура по довжині та ширині кузова сконцентрована біля входу газів в канали кузова і складає близько 120 °С та різко знижується при віддаленні від цієї області до 10 °С на виході (рис. 1). Температура асфальтобетонної суміші під час транспортування значно вище, отже температура відпрацьованих газів суттєво не впливає на зберігання асфальтобетонною сумішшю початкової температури.

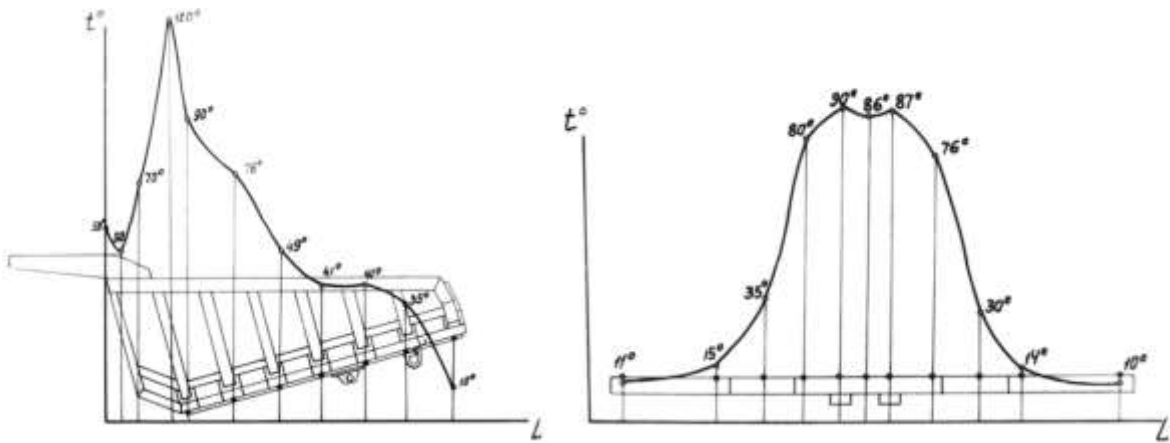


Рис. 1. Зона максимального обігріву кузова автосамоскида по довжині (зліва) та ширині (праворуч)

Розповсюдженим засобом збереження температурної однорідності суміші на час транспортування є використання теплоізолюючого матеріалу (тенту). Використання неякісних, порваних та не вірно зафіксованих тентів на кузові транспортного засобу є малоефективним або зовсім неефективним способом збереження температури гарячої асфальтобетонної суміші (рис. 2).



Рис. 2. Використання тенту для теплоізоляції асфальтобетонної суміші під час транспортування: а – малоефективний спосіб, б – ефективний спосіб

Зменшенню неоднорідності суміші за температурою під час укладання та ущільнення сприяє застосування перевантажувачів асфальтобетонної суміші. Їх використання в значній мірі дозволяє позбутися неоднорідності за температурою перед укладанням в покриття за рахунок додаткового примусового перемішування суміші в бункері перевантажувача, тим самим забезпечуючи можливість якісного ущільнення шару по всій площі. В Україні використання таких пристроїв, зважаючи на їх високу вартість, не отримало широкого розповсюдження.

Мета дослідження. Визначення шляхів зниження температурної сегрегації гарячої асфальтобетонної суміші під час її транспортування в кузові транспортного засобу.

Основні результати дослідження. Під час укладання на етапі ущільнення, ділянки з низькою температурою суміші недоущільнюються та, як наслідок, мають в результаті підвищену пористість матеріалу та його водонасичення, надлишок неструктурованого бітуму та низькі фізико-механічні властивості асфальтобетону [6,7]. Цей факт також підтверджується дослідженнями, які проводились під час капітального ремонту асфальтобетонного покриття на проспекті 50-ти річчя СРСР в м. Харкові. При влаштуванні шару покриття з гарячої асфальтобетонної суміші типу Б, були відділені три ділянки, на яких температура даної суміші перед ущільненням складала 150 °С, 110 °С та 100 °С. Після ущільнення та остигання асфальтобетонного шару з використанням керованого відривника взяті керни з зазначених ділянок (рис. 3), для подальшого їх дослідження в лабораторних умовах. Дослідженню підлягали такі показники, як: середня щільність, коефіцієнт ущільнення, водонасичення та товщина шару згідно з прийнятою методикою [8]. Також відібрана асфальтобетонна суміш з приймального бункера асфальтоукладальника для формування контрольних зразків [8].



Керн №1

Керн №2

керн №3

Рис. 3. Зразки кернів, відібраних на просп. 50-ти річчя СРСР

Результати дослідження кернів, відібраних з асфальтобетонного покриття та заформованих контрольних зразків (табл. 1) показують, що зниження температури суміші при ущільненні на 40 °С призводить до зниження коефіцієнту ущільнення з 0,98 до 0,92 та відповідно підвищенню водонасичення від 1,6 % до 6 %. Таке зниження коефіцієнту ущільнення за даними [9] призводить до падіння модуля пружності матеріалу до 34 %, а саме з 2500 МПа до 1650 МПа (рис. 4). Тобто дотримання необхідної технологічної температури асфальтобетонної суміші при її ущільненні є запорукою забезпечення якісного влаштування конструктивного шару.

Таблиця 1

Результати дослідження кернів, відібраних з асфальтобетонного покриття

Об'єкт (Просп. 50-ти річчя СРСР)	Температура асфальтобетон- ної суміші при ущільненні, °С	Товщина шару, см	Середня щільність, кг/м ³	Водонаси- чення, % за об'ємом	Коефіцієнт ущільнення
Керн №1	100	5,0	2210	6,0	0,92
Керн №2	110	6,1	2250	6,2	0,94
Керн №3	150	5,4	2340	1,6	0,98
Заформовані зразки (середнє значення)	170	-	2380	1,1	-

Для виконання польових досліджень за основу була прийнята методика, яка розроблена та опрацьована в лабораторних умовах. Комплекс обладнання з реєстрації температур асфальтобетонної суміші за глибиною [10] використано під час транспортування асфальтобетонної суміші до об'єктів будівництва в межах м. Харкова.

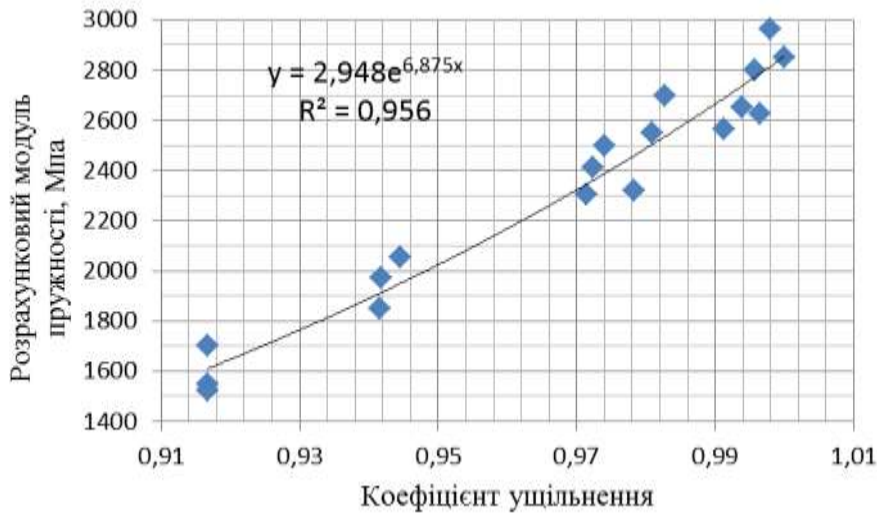


Рис. 4. Залежність розрахункового модуля пружності від значення коефіцієнту ущільнення матеріалу за температури 20 °С

Визначення меж розподілу температур в асфальтобетонній суміші за глибиною, в кузові транспортного засобу (КАМАЗ-6520-029) завантаженого асфальтобетонною сумішшю масою 20 т, виконувалось на кінцевий момент транспортування, при виконанні капітального ремонту на проспекті 50-річчя СРСР (вимірювання №1 та №2) та капітального ремонту на вул. Чернишевська (вимірювання №3, №4, №5, №6). Умови транспортування гарячої асфальтобетонної суміші під час проведення експерименту наведені в таблиці 2. Вимірювання №1, №3 та №4 проводились під час транспортування асфальтобетонної суміші з використанням термозахисного тенту з брезенту, вимірювання №2, №5, №6 – без заходів, щодо збереження температури асфальтобетонної суміші в кузові транспортного засобу.

Таблиця 2

Умови проведення експерименту під час транспортування асфальтобетонної суміші

Найменування	Відстань перевезення, км	Час перевезення, хв.	Кліматичні умови		
			Температура повітря, °С	Вологість повітря, %	Швидкість вітру, м/с
Вимірювання №1	14	35	14	40	4
Вимірювання №2	14	35	14	40	4
Вимірювання №3	11	51	1	75	5
Вимірювання №4	11	35	1	75	5
Вимірювання №5	11	35	1	75	5
Вимірювання №6	11	40	1	75	5

Згідно отриманих результатів після проведених досліджень побудовані залежності розподілу температур асфальтобетонної суміші типу Б на бітумі БМП 40/60-56 в кузові автосамоскида на кінцевий момент транспортування, перед вивантаженням суміші в приймальний бункер асфальтоукладача (рис. 5 та 6).

Аналізуючи розподіл температури за глибиною, в кузові автосамоскида (рис. 5) можна зробити висновки про те, що значне остигання асфальтобетонної суміші відбувається в поверхневих шарах на глибині до 100-120 мм, при збільшенні глибини вимірювання температура змінюється в межах 10 °С. Ефекту від використання захисного тенту в даному випадку майже не спостерігається, так як тент було не зафіксовано по бортах і під час руху під нього потрапляло повітря.

Данні розподілу температури суміші за глибиною в кузові автосамоскида, згідно рисунка 6, свідчать про те, що використання термозахисного тенту, закріпленого належним чином дозволило зберегти температуру асфальтобетонної суміші на поверхні до 50-60°С.

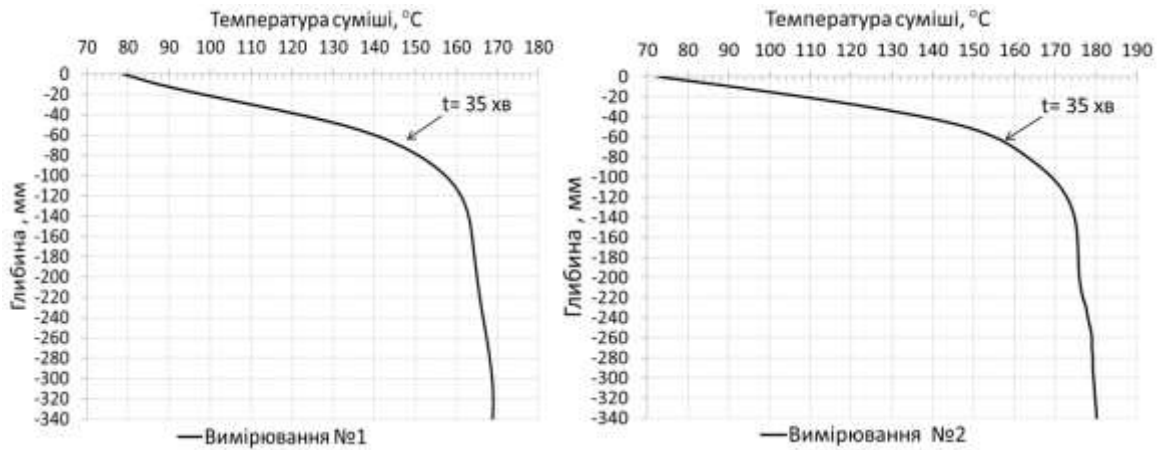


Рис. 5. Розподіл температури асфальтобетонної суміші за глибиною в кузові автосамоскида на кінцевий момент транспортування з використанням термозахисного тенту з брезенту (вимірювання №1) та без нього (вимірювання №2) під час капітального ремонту проспекту 50-річчя СРСР

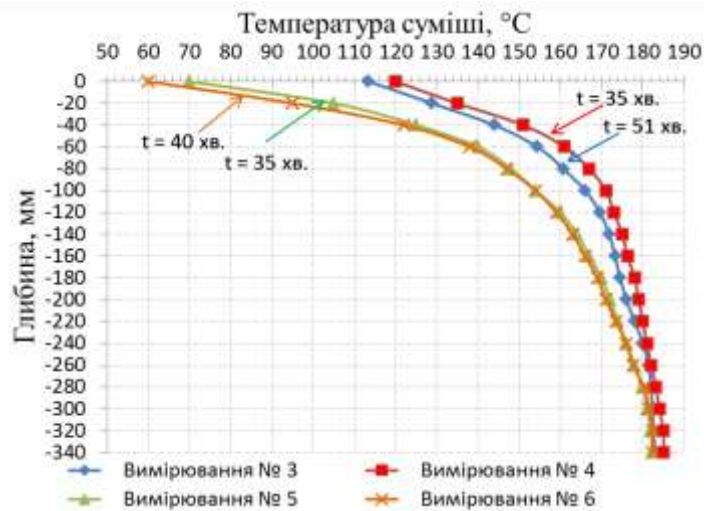


Рис. 6. Розподіли температури асфальтобетонної суміші за глибиною в кузові автосамоскида на кінцевий момент транспортування з використанням термозахисного тенту з брезенту (вимірювання № 3, № 4) і без нього (вимірювання № 5, № 6) під час проведення капітального ремонту вул. Чернишевській

Висновки. На основі аналізу літературних джерел і проведених експериментальних досліджень в польових та лабораторних умовах можна зробити загальні висновки, щодо підвищення якості влаштування шарів дорожнього одягу з гарячої асфальтобетонної суміші на етапі перевезення її до місця укладання:

- температура асфальтобетонної суміші при ущільненні є вирішальним фактором забезпечення якісного влаштування шару асфальтобетону та його довговічності;

- утворення температурної сегрегації гарячої асфальтобетонної суміші найбільшим чином відбувається на етапі транспортування, за рахунок тривалого та ненормованого за часом знаходження суміші в кузові транспортного засобу;

- обігрів асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскиду вихлопними газами двигуна є не ефективним способом збереження температури суміші, за рахунок низької енергії відпрацьованих газів двигуна;

- використання тенту для теплоізоляції асфальтобетонної суміші є ефективним способом збереження температури суміші при транспортуванні, за умови вибору якісного матеріалу для тенту та його правильного закріплення;

- остигання асфальтобетонної суміші при транспортуванні інтенсивно відбувається в поверхневих шарах на глибині до 20 см, на більшій глибині температура майже не змінюється за рахунок утворення теплоізолюючого прошарку у вигляді поверхневої корки;
- середня температура асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида не може бути критерієм придатності асфальтобетонної суміші до укладання та ущільнення.

1. Зубко А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. М.: Машиностроение, 2009. – 224 с.
2. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США // Дорожная техника. Каталог-справочник. – 2007. – С. 26-40.
3. Brock J.D. Temperature Segregation. Temperature Differential Damage: Technical Paper T-134 / Brock J.D., Jakob H. – ASTEC Industries Inc. Chattanooga, USA, 1998. – pp. 23.
4. Фирсов А.В. Эффективная система обогрева кузовов карьерных автомоблей-самосвалов выхлопными газами / А.В. Фирсов, В.И. Фирсов // Науковий вісник НГУ. Вип. № 9-10. – Дн., 2010. – С. 75-77.
5. Парунакян В.Э. Об эффективности обогрева выхлопными газами кузовов автосамосвалов и автопоездов / В.Э. Парунакян, Л.Н. Свиридова, Л.И. Добрых// Горный журнал. – 1977. – №1.
6. Семенов В. А. Качество и однородность автомобильных дорог / Семенов В.А. – М.: Транспорт, 1989. – 125 с.
7. Совершенствование технологии уплотнения асфальтобетонных покрытий с целью повышения прочности и долговечности / М.С. Стороженко // Вестн. ХНАДУ. – 2008. – Вып. 40. – С. 99-101.
8. ДСТУ Б В.2.7-89-99. Материали на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – К.: ДКБАЖП Украины, 2000. – 45 с.
9. Новаковський Д.М. Удосконалення методів контролю якості влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу: дис. канд. техн. наук: 24.04.2012 / Новаковський Дмитро Миколайович. – Х., 2012. – 139 с.
10. А.С. Минаков. Лабораторное моделирование остывания асфальтобетонной смеси на этапе ее перевозки к месту укладки. / А.С. Минаков // Материали научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». – Пермь, ПНИПИ, 2013. – Том 3 – С. 290-297.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2014

І.С.Мурований, О.В.Рибай, М.В.Рудинець
Луцький національний технічний університет
Володимир-Волинський агротехнічний коледж
ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ НА
ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В статті розглянуто вплив організації проведення технічного обслуговування і ремонту автомобілів на автотранспортних підприємствах на ефективність їх роботи. Показано, що на ефективність проведення технічного обслуговування та ремонту найбільш впливають такі показники, як організація роботи, ефективність оснащення інструментами та матеріалами та якість запасних частин і матеріалів.

Ключові слова: *технічне обслуговування, поточний ремонт, життєвий цикл, автомобіль, якість, організація.*
Лім 10.

И.С.Мурованый, О.В.Рыбай, Н.В.Рудинец
ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА НА
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассмотрено влияние организации проведения технического обслуживания и ремонта автомобилей на автотранспортных предприятиях на эффективность их работы. Показано, что на эффективность проведения технического обслуживания и ремонта наиболее влияют такие показатели, как организация работы, эффективность оснащения инструментами и материалами и качество запасных частей и материалов.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, текущий ремонт, жизненный цикл, автомобиль, качество, организация.*

I.Murovaniy, O.Rybay, M.Rudynets
THE IMPACT OF THE MAINTENANCE AND REPAIR OF VEHICLES ON THE
EFFICIENCY OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES

The article deals with the impact of the maintenance and repair of vehicles on the efficiency of motor transport enterprises. Every year in Ukraine the number of cars of foreign manufacture is increased, maintenance and repair requires a systematic approach to technological operations. It is shown that the efficiency of maintenance and repair is the most affected by such factors as: the organization of work (qualified workers, organization of workplace, the time-limit for execution of technological operations, organization of quality control, incentives), the efficiency of equipment, tools and materials as well as spare parts. After the disintegration of the Soviet Union in Ukraine the automobile enterprises could function normally for some time, when the vehicles, units and details reached the boundary condition, the problem was with financing. This has led to the decline of autopark, indifference of workers, the lack of clear control levers, poverty and bankruptcy of enterprises. We need to restore the entire system of maintenance and repair to a qualitatively new level. In this case, in the course of rapid integration transport enterprises of Ukraine have a great opportunity to enter the European market and to develop according to modern standards.

Key words: *the maintenance, current repair, life cycle, automobile, quality, organization.*

Постановка проблеми. Існуюча система ТО і ремонту сформувалася в середині минулого століття і стала для того часу прогресивною формою підтримки працездатності рухомого складу. Формування структури системи ТО і ремонту визначалося сталим рівнем надійності та якості виготовлення автомобілів, умовами експлуатації рухомого складу, цілями, поставленими перед автомобільним транспортом і його підсистемою - технічною експлуатацією, наявними ресурсами та організаційно-технічними обмеженнями. За останні 40 років відбулися істотні зміни в технології виготовлення та конструкції автомобілів, підвищився рівень надійності та якості автомобілів за рахунок застосування сучасних технічних рішень і нових матеріалів, використання електроніки, загального підвищення технічного рівня виробництва. Змінилися й умови комерційної експлуатації рухомого складу, умови і методи організації перевезень вантажів.[1]

Автомобіль на автотранспортному підприємстві в основному працює в наступному режимі: виїзд вранці на лінію, робота на лінії, повернення після рейсу, як правило, в той же день, проведення ЩО. ТО планувалося виходячи з середньодобового пробігу. При цьому вся ремонтна база була зосереджена в рамках конкретного АТП і всі види технічних впливів здійснювалися ним самим. Однак розвиток господарства країни в цілому призвело до поступового розвитку міжміських, міжрайонних, міжобласних і навіть міжнародних перевезень вантажів. Поступовий розвиток нових видів перевезень призводило до збільшення часу перебування рухомого складу

далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищувалася роль ТО автомобілів. З урахуванням відомих умов і обмежень нових прогресивних видів перевезень стає актуальною задача необхідності гарантованого виконання рухомим складом транспортної роботи. Це тим більше актуально при розвитку нових господарських відносин, коли можливе розділення підприємств по функціональним завданням на перевізні (обслуговування клієнтури) і на технічні (ТО та ремонт рухомого складу) і постановка як основний для перших підприємств завдання гарантованого виконання перевезень, а для других - забезпечення постійної технічної готовності рухомого складу.

В організаційно-технічному і матеріальному аспекті існуючої системи ТО і ремонту є проблеми. Недолік кваліфікованих ремонтних робітників, дефіцит запасних частин та часто їх низька якість, відсутність належного контролю за виконаною роботою, недостатня ефективність оснащення робочого місця призводять до того, що на підприємствах нерідко роботи ТО проводяться не в повному обсязі, здійснюється формально контрольний технічний огляд перед випуском автомобіля на лінію, недостатньо приділяється уваги проведенню робіт ЩО, що збільшує ймовірність появи відмов на лінії. Крім того, діючий порядок проведення номерних ТО не враховує зміненого характеру перевізного процесу, роботи автомобіля на лінії. На міжміських і особливо міжнародних маршрутах підвищується ймовірність відмови автомобіля, так як у більшості вітчизняних автомобілів напрацювання на відмову і несправність менше регламентної періодичності ТО-1. У існуючої системи ТО і ремонту негнучкість в частині забезпечення безвідмовної роботи автомобіля на лінії проявляється в жорсткості і одноманітності підходу до автомобілів різного віку: перелік операцій та періодичність ТО ідентичні і для нового автомобіля, і для автомобіля перед його капітальним ремонтом і списанням.

Розв'язанням даної проблеми займаються багато вчених не лише в Україні, але й за кордоном.

Відома дуже велика кількість публікацій, присвячених підвищенню якості роботи автотранспортних підприємств. Але в багатьох випадках формулюються рекомендації по управлінню якістю окремих складових на автотранспортних підприємствах, які базуються на застарілих підходах, не відповідають сучасним умовам, вимогам міжнародних та українських стандартів в сфері управління життєвими циклами ТО і ПР автомобілів. Не завжди використовуються сучасні підходи, інформаційні технології та кроки для максимального розвитку підприємства.

Метою дослідження є вплив життєвого циклу технічного обслуговування та ремонту автомобілів на зміну показників роботи автотранспортного підприємства. Прибуток, а отже, і розвиток підприємства напряму залежить від того, наскільки надійним є автопарк. Зменшення часу простою автомобіля, попередження відмов і несправностей, жорсткий контроль за якістю виконаних робіт сприятиме тому, що автотранспортне підприємство зароблятиме автомобілем, а не лише матиме затрати на нього.

Основні результати дослідження. Життєвим циклом технічного обслуговування та ремонту є сукупність всіх операцій, які виконуються від моменту прийому автомобіля на ТО або ПР і до моменту здачі його в експлуатацію.[2]

Від організації життєвого циклу ТО і ПР на автотранспортному підприємстві залежить ефективність роботи даного підприємства в цілому, адже якість проведеного обслуговування і ремонту втілюється у прибуток, який дасть автомобіль своєю виконаною роботою.

На якісну роботу життєвого циклу ТО і ПР впливають наступні чинники:

- Організаційна складова
- Ефективність оснащення обладнанням та інструментами
- Якість матеріалів та запасних частин

Організаційна складова життєвого циклу ТО і ПР в свою чергу складається з таких показників:[3]

- Кваліфікація робітників
- Організація робочого місця
- Регламент часу на виконання технологічних операцій
- Організація контролю якості виконаної роботи
- Методи стимулювання якості роботи

Кваліфікація робітників в наш час гостро стоїть перед всіма підприємствами автомобільного транспорту. Держава відчуває дефіцит кадрів технічного спрямування. Крім того, рівень знань, умінь і навичок багатьох робітників бажає бути кращим.

Причин цьому є багато. По-перше, молоде покоління виробничих робітників вчилася в навчальних закладах, де не завжди була відповідна підготовка, необхідне обладнання тощо. По-друге, мало молодих людей готові йти працювати за відносно невелику заробітну плату на автотранспортні підприємства, бо за відсутності підтримки держави на першому місці стоїть не пошук роботи за фахом, а намагання заробити грошей для прожиття. По-третє, дуже багато висококласних робітників автотранспортних підприємств стали систематично порушувати трудову дисципліну і втратили таким чином свою роботу.

Тому з вищесказаного видно, що проблема стоїть дуже гостро. Для її вирішення треба вирішувати комплекс завдань, проводити перепідготовку та навчання кадрів, оскільки технології постійно рухаються вперед, і те що ще 20 років тому було лише поодинокими розробками, зараз широко застосовується в автомобілебудуванні.

Робоче місце — закріплена за окремим робітником або групою робітників частина виробничої площі, оснащена необхідним технологічним, допоміжним, підйомно-транспортним обладнанням, технологічним та організаційним оснащенням, призначеними для виконання певної частини виробничого процесу.

Раціонально організоване робоче місце забезпечує нормальні умови праці і правильну побудову робочого процесу. Робоче місце є первинною ланкою виробничо-технологічної структури підприємства, в якій здійснюється процес виробництва, його обслуговування та управління. [4]

Кожне робоче місце має свої специфічні особливості, пов'язані з особливостями організації виробничого процесу, різноманіттям форм конкретної праці. Організація робочого місця являє собою матеріальну основу, що забезпечує ефективне використання обладнання і робочої сили. Головною метою організації робочого місця є забезпечення високоякісного та ефективного виконання роботи у встановлені терміни на основі повного використання устаткування, робочого часу, застосування раціональних прийомів і методів праці, створення комфортних умов праці. Для досягнення цієї мети до робочого місця пред'являються технічні, організаційні, економічні та ергономічні вимоги. Стан робочих місць, їх організація безпосередньо визначають рівень організації праці на підприємстві. Крім того, організація робочого місця безпосередньо формує обстановку, в якій постійно знаходиться працівник на виробництві, що впливає на його самопочуття, настрої, працездатність і, в кінцевому підсумку, на продуктивність праці. Робоче місце повинно відповідати європейським вимогам і стандартам. [5]

Нормування праці - це вид діяльності, спрямований на встановлення необхідних затрат і результатів праці, а також необхідних співвідношень між чисельністю працівників різних груп і кількістю одиниць обладнання.

Нормативи часу – регламентовані витрати часу на виконання окремих елементів, що входять до складу виробничої операції.

В умовах адміністративно-командної системи централізованого планування організації намагались закласти у норми побільше резервів і тим самим гарантувати виконання плану, одержання премій, винагород. При цьому планувались вигідні для себе норми праці, посилаючись на свої особливі організаційно-технічні умови.

В умовах ринкових відносин норма часу на виконання технологічних операцій перетворюється із засобу приховування резервів в інструмент вияву можливостей для скорочення витрат праці і чисельності працівників, для підвищення конкурентоспроможності організації. Підприємствам треба орієнтуватися не на свої організаційно-технічні умови, а порівнювати затрати праці з результатами, що досягли конкуренти.

До основних вимог, що висуває ринок до методології і організації нормування відносяться:

- організація виробництва потребує жорстокого нормування;
- норми праці повинні бути рівнонапруженими, відображати вклад працівника в кінцеві результати, виконувати усі функції, об'єднуючи стадії проектування – виробництва – споживання;
- потрібно нормування не окремих операцій, а процесу праці;
- виділення груп затрат, зниження яких залежить від величини результату, для визначення підвищення результативності виробництва;
- державне нормування передбачає розробку науково обґрунтованих норм і нормативів, їх характер дії для підприємства – рекомендаційний;
- дотримання чіткого регламенту виконання технологічних операцій.

Виходячи з перерахованих вимог до нормування праці першочерговими його задачами будуть наступні:

- ✓ встановлення і впровадження в виробництво організаційно-технічних умов норм праці;
- ✓ більш широкий обхват нормування праці погодинно оплачуваних працівників;
- ✓ підтримування постійної прогресивності норм праці шляхом своєчасної їх зміни і перегляду;
- ✓ удосконалення нормативної бази, методів і прийомів нормування праці;
- ✓ комп'ютеризація проектування технологічної і організаційної документації, норм часу у різних умовах виробництва.

Процес нормування праці передбачає в загальному вигляді виконання наступних робіт:

- аналіз виробничих процесів і операцій;
- вибір оптимальних варіантів технології виконання виробничих процесів і операцій, а також ефективних методів організації праці;
- проектування режимів роботи обладнання, прийомів і методів праці;
- розрахунок норм праці відповідно до особливостей технологічних і трудових процесів;
- впровадження і пересування норм за мірою зміни організаційних і технічних умов виробництва.

Проблема встановлення норм часу для виконання технологічних операцій відкрита тому, що деякі виконавці робіт не дотримуються їх свідомо, знаючи, що відповідальності за це не нестиме. Отримуючи заробітну плату від виробітку, робітник прагнучиме збільшити об'єм виконаної роботи. Відповідно, в такому випадку знизиться якість виконаної роботи.

Одним із найважливіших чинників, які стимулюють **якість виконаних робіт**, є організація контролю якості, який на автотранспортному підприємстві здійснює відділ технічного контролю.

Відділ технічного контролю здійснює перевірку якості робіт, виконуваних усіма виробничими підрозділами технічної служби, відповідно до технічних умов і ТО та ремонту рухомого складу, і навіть якості продукції підприємств, послугами яких користується АТП.[6]

Відділ технічного контролю виконує такі функції:

- ❖ здійснює заходи щодо підвищення якості ТО і ПР рухомого складу;
- ❖ контролює дотримання план-графіків постановки автомобілів на ТО,
- ❖ дотримання технології виконання ТО і ПР автомобілів, їх агрегатів і вузлів безпосередньо на робочих місцях,
- ❖ бере участь у складанні та пред'явленні рекламаций заводам-постачальникам на поставляються матеріали, агрегати та автомобілі;
- ❖ проводить аналіз причин виникнення несправностей рухомого складу, агрегатів і вузлів.

Але, на жаль, не всі роботи можна проконтролювати. І несправність (наприклад, недостатня чи надмірна затяжка колеса), пов'язана з відсутністю контролю може виявитися далеко за межами автотранспортного підприємства, що може призвести до тривалого простою автомобіля чи неефективного ремонту на місці.

При відсутності можливості постійного контролю на перший план виходить така категорія, як **стимулювання якості виконаної роботи** робітником, зацікавленість його в тому, щоб виконана ним роботи була максимально якісною.

Мотивація - це процес спонукування кожного співробітника і всіх членів його колективу до активної діяльності для задоволення своїх потреб і для досягнення цілей організації.

Найпершим і найбільше поширеним методом був метод покарання і заохочення, так називана політика «батога і пряника». Цей метод використовувався для досягнення бажаних результатів і проіснував досить довго в умовах адміністративно-командної системи. Поступово він трансформувався в систему адміністративних і економічних санкцій і стимулів. Такий метод був ефективний при повторюваних рутинних операціях, незначної змістовної частини роботи, неможливості поміняти місце роботи (по різних причинах), а також в умовах бригадних і колективних підрядів, де діяли регламентовані надвишки й утримання.

З підвищенням ролі людського чинника з'явилися психологічні методи мотивації. У основі цих методів лежить твердження, що основним чинником, що модифікує, є не тільки матеріальні стимули, але і нематеріальні мотиви, такі, як самоповага, визнання з боку навколишніх членів колективу, моральне задоволення роботою і гордість своєю фірмою. Такі методи мотивації базуються на вивченні потреб людини, тобто усвідомленого відчуття нестачі в чим-небудь. Відчуття нестачі в чим-небудь має цілком визначену ціль, що і служить засобом задоволення потреб.[7]

Умовами можливого преміювання робітників автотранспортного підприємства є:

- виконання особистих (бригадних) планів, нормованих завдань, технічно обґрунтованих норм;
- підвищення продуктивності праці, зниження трудомісткості випуску продукції;
- підвищення якості та конкурентоспроможності продукції;
- бездефектне виготовлення продукції, економія пального, енергії, сировини, матеріалів, зменшення браку тощо.

Серед перелічених вище традиційних напрямків преміювання існують так звані нетрадиційні, не часто застосовувані, методи стимулювання робітників. Наприклад, може бути передбачене преміювання за розробку і впровадження у виробництво інновацій. Якщо раціоналізаторська пропозиція робітника приймається, то її автор отримує визначений відсоток загальної суми економії протягом встановленого керівником підприємства періоду.

Проте, в даний час основним дієвим мотиваційним засобом є матеріальне заохочення: премії, надбавки за якісно виконану роботу, штрафи за браковані вироби чи неякісно виконану роботу.

Ефективність оснащення технологічним обладнанням створює умови для підвищення продуктивності праці і збільшення обсягів виробництва ТО і ремонту автомобілів. Нове обладнання слід направляти на фізичну заміну зношеного обладнання і на формування нових робочих місць у строго визначеній пропорційності, яка забезпечить підвищення ефективності ремонтно-обслуговуючого виробництва. Необхідним є рішучий перехід від екстенсивного типу оновлення обладнання до інтенсивного типу, тобто до такого якісного удосконалення парку обладнання, при якому забезпечуються нормативні строки служби і розрахункові строки окупності обладнання.[8]

На кожному АТП повинен бути складений план технічного переобладнання. Технічно переобладнати підприємство — це значить підвищити ефективність виробництва. В планах технічного переобладнання необхідно передбачити роботи з удосконалення: засобів праці (заміна фізично зношеного і морально застарілого обладнання, модернізація обладнання); предметів праці (підвищення якості, застосування більш прогресивних видів сировини і матеріалів, а також вторинних матеріальних ресурсів); технологічних процесів (покращення параметрів технологічних процесів, впровадження нових, більш прогресивних технологічних процесів); організації і управління виробництвом (покращення організації праці і виробництва, впровадження прогресивних форм управління якістю продукції та інших робіт); умов праці на виробництві; охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів; інструментальної, ремонтної, енергетичної, транспортної дільниць та інших служб підприємства. Крім того, необхідно проводити позапланове додаткове технічне оснащення залежно від виробничої необхідності.

Ефективність експлуатації діючого обладнання значно залежить від рівня його використання; чим він більший, тим вища ефективність діючої техніки, тим скоріше вона може бути замінена новою.

При недостатній кількості обладнання його експлуатують більш тривалий час, підтримуючи у справному стані шляхом виконання ремонтів. Чим триваліше знаходиться в експлуатації обладнання, тим більше витрачається коштів на його ремонт і утримування. Особливо це відноситься до обладнання, яке виготовляється в умовах серійного або масового виробництва, коли вартість однієї машини невелика, а ремонт і утримування коштує дорого.

Якість матеріалів і запасних частин також є важливою складовою життєвого циклу технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів. В наш час дуже багато виробників пропонують широкий асортимент запчастин, паливно-мастильних і експлуатаційних матеріалів. Дуже часто їх низька якість виявляється вже відразу при використанні на автомобілі. Підприємству вигідніше купувати дешевші запчастини, які не завжди відповідають державним стандартам і заводським характеристикам.[9]

Одним із методів вирішення цієї проблеми може стати запровадження на рівні держави, регіону та областей спеціалізованих підприємств, котрі перед поставкою в продаж могли б проконтролювати якість того чи іншого товару, який необхідний автотранспортному підприємству. Це допоможе уникнути відмов і несправностей автомобіля, які пов'язані з низькою якістю запчастин. [10]

Висновки. Для покращення ефективності роботи автотранспортного підприємства, яка безпосередньо залежить від якості проведення технічного обслуговування, пропонується виконати наступні умови:

- якісний підбір робітників, їх постійне навчання і підвищення кваліфікації,
- постійно проводити контроль за організацією робочого місця робітників, проводити їх атестацію,
- переходити від кількісної до якісної оцінки виконаної роботи,
- встановити максимальний контроль та відповідальність за виконану роботу,
- встановити гнучку систему стимулювання та заохочення робітників,
- застосовувати сучасне технологічне обладнання та інструмент,
- встановити зовнішній контроль за якістю матеріалів та запасних частин, що надходять,
- дотримання технологічного і часового регламенту виконання робіт

1. М.Г. Босняк «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с.
2. Керівництво з питань проектного менеджменту: Пер. з англ. / Під ред. С.Д. Бушуєва, — 2-е вид., перероб. — К.: Видавничий дім «Деловая Украина», 2000. — 198 с.
3. Управління інноваційними проектами: конспект лекцій / укладачі: О. О. Міцура, О. М. Олефіренко. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 92 с.
4. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: учебное пособие. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007. — 432 с.
5. Кравченко О.П. Організація та управління технічного обслуговування та ремонту автомобілів: навчальний посібник/ О.П. Кравченко. — Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. — 90с.
6. Дюмин И.Е., Трегуб Г.Г. Ремонт автомобилей / Под ред. И.Е. Дюмина — М.: Транспорт, 1999. — 280 с.
7. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США. — М.: Транспорт, 1992. — 352 с.
8. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник: В 3 кн. – К. Вища школа, 1991. – Кн. 2. Организация, планирование и управление / В. Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк. – 406 с.
9. Фесенко Т. Г. Управління проектами: теорія та практика виконання проектних дій: навч. посібник Т. Г. Фесенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. :ХНАМГ, 2012. – 181 с.
10. Марков О.Д., Рынок, автомобиль, клиент, М., Транспорт, 1999. – 270с.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014

УДК 656.13.002.3

М.И.Наглюк, В.П.Волков, И.С.Наглюк
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
УТОЧНЕНИЕ СРОКОВ СМЕНЫ АНТИФРИЗОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведены результаты изменения основных показателей качества антифриза от наработки при эксплуатации автомобилей. Представлена математическая модель прогнозирования остаточного ресурса антифриза от расхода топлива. С помощью технического эндоскопа получены фотографии поверхности деталей системы охлаждения двигателя до и после работы двигателя с антифризом.

Ключевые слова: автомобиль, антифриз, эксплуатация, математическая модель, топливо.

Рис 1. Форм 4. Лист 10

М.І.Наглюк, В.П.Волков, І.С.Наглюк.
УТОЧНЕННЯ СТРОКІВ ЗМІНИ АНТИФРИЗІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Приведені результати зміни основних показників якості антифризу від наробітку при експлуатації автомобілів. Наведена математична модель прогнозування залишкового ресурсу антифризу від кількості витраченого палива. За допомогою технічного ендоскопу отримані фотографії поверхонь деталей системи охолодження двигуна до та після роботи двигуна з антифризом.

Ключові слова: автомобіль, антифриз, експлуатація, математична модель, паливо.

M.Nahliuk, V.Volkov, I.Nahliuk
CLARIFICATION OF TERMS OF ANTIFREEZE CHANGE UNDER OPERATION CONDITIONS

The results of changes in key indicators of antifreeze quality (the density, the temperature of crystallization onset, hydrogen index, alkalinity, corrosive impact on metals, the concentration of corrosive wear products, conductivity) as a result of vehicle operation are presented. A mathematical model of forecasting the residual life of antifreeze depending on the fuel consumption is given. With the help of technical endoscope there were obtained photos of the surfaces of the engine cooling system parts before and after the operation of the engine with antifreeze.

Key words: vehicle antifreeze, operation, mathematical model, fuel.

Постановка проблеми. В условиях непрерывно растущих мировых цен на нефтепродукты, специальные жидкости и антифризы, особенно актуальными становятся вопросы, о рациональном использовании этих продуктов. Малые сроки эксплуатации антифриза приводят к его необоснованному перерасходу, большие – к снижению эксплуатационной надежности и долговечности двигателя. Оптимальным решением в данной ситуации является проведение периодического контроля, который позволит прогнозировать сроки эксплуатации антифриза, в двигателе ссылаясь на его фактическое состояние.

Анализ публикаций. В условиях рядовой эксплуатации периодический контроль работающих антифризов в большинстве случаев не проводят, упуская из виду то, что антифриз контактирует одновременно со многими поверхностями деталей двигателя изготовленных из разных материалов. В работоспособном состоянии антифриз в системе охлаждения обеспечивает номинальный тепловой режим работы двигателя. Благодаря этому рационально используется технический ресурс двигателя, заложенный в его конструкцию при проектировании и изготовлении. При появлении в двигателе неисправностей антифриз может потерять работоспособность в течение очень короткого промежутка времени и стать одной из причин наступления отказа в работе системы охлаждения и двигателя, повышенного износа деталей и преждевременного уменьшения ресурса. [1, 2, 3]

Рекомендуемые сроки смены антифризов не всегда обоснованы ввиду применения двигателей различных моделей и модификаций, работающих в неодинаковых условиях эксплуатации. Они, как правило, к сроку замены не исчерпывают запаса своих эксплуатационных свойств и могут работать дольше без снижения надёжности работы систем двигателя. При достижении одним или несколькими показателями качества антифриза предельных значений происходит увеличение скорости кавитационно-коррозионного изнашивания деталей, повышение склонности охлаждающей жидкости к пенообразованию, образованию накипи и отложений в системе охлаждения двигателя, что в результате снижает надежность, экономичность и экологичность автомобиля.

В процессе эксплуатации автомобилей, при работе двигателя антифриз, выполняя функции по отводу тепла, также накапливает продукты коррозионного изнашивания и загрязнений, а это

приводит к изменению основных показателей качества антифриза. К основным видам загрязнений охлаждающих жидкостей в процессе их эксплуатации в двигателе можно отнести продукты химической и кавитационной коррозии, масляные и жировые отложения, частицы песка, накипи, грязи, силиконовых герметиков, продукты разложения антифризов (гели) и отработанные присадки [1].

Требования и рекомендации заводов-изготовителей судовых двигателей внутреннего сгорания к охлаждающим жидкостям устанавливают основные показатели качества (общее солесодержание, жесткость воды 1,5...3 мг-экв/л, водородный показатель 8...9 рН, поверхностное натяжение 0,055 Н·м, кинематическая вязкость $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, содержание сульфат и хлорид-ионов не более 200 мг/л) и предельно-допустимые значения этих показателей [3].

Использование не качественного антифриза приводит к преждевременным отказам в работе системы охлаждения двигателя: выходу из строя радиатора, вследствие его коррозионного изнашивания или закупорки трубок; набухание и потеря эластичности резиновых шлангов приводит к утечкам; сильное вспенивание ухудшает охлаждение и приводит к перегреву теплонапряженных деталей двигателя.

Одним из показателей качества охлаждающей жидкости является электропроводность антифриза. Вопросы, связанные с электропроводностью жидкостей рассматриваются научной общественностью достаточно давно. Результаты измерений электропроводности стандартных растворов, при различных температурах, приведенные в литературе [4]. В работе [5, 6, 7] описаны исследования и приведены результаты изменения электропроводности различных углеводородных жидкостей, чистых и отработанных образцов различных масел.

Для определения фактического состояния охлаждающей жидкости и ее замены, необходимо производить периодический контроль. Как правило, периодом является величина, которая измеряется в километрах пробега или времени (месяц, год). Однако в таком случае не учитывается то, что при простое автомобиля с работающим двигателем (прогрев, движение на подъём, простой на светофоре и т.д.) охлаждающая жидкость продолжает работать и вырабатывать свой ресурс. В работах [8, 9, 10] рассматривается влияние охлаждающей жидкости на изменение расхода топлива.

Ресурс двигателей в первую очередь определяется изнашиванием деталей и узлов систем двигателя. Для снижения отказов деталей, узлов и систем двигателя, во время эксплуатации, необходимо своевременное обнаружение изменения основных показателей качества антифризов.

Цель и постановка задачи. Целью работы является исследование изменения основных показателей качества антифриза и оценка технического состояния поверхности деталей системы охлаждения двигателя на момент замены.

Результаты исследований. Производители автомобилей обязательно указывают в карте сервисного обслуживания периодичность технического обслуживания и замену антифриза, моторных и трансмиссионных масел в силовых агрегатах на период гарантийного обслуживания. Картой сервисного обслуживания автомобилей Hyundai предусмотрена замена антифриза через 45 тыс. км или 24 месяца эксплуатации.

Диагностируя антифриз, можно получить объективную информацию о процессе изменения основных показателей качества антифриза, электропроводности и скорости поступления продуктов коррозионного изнашивания сопряжений и деталей системы охлаждения двигателя при эксплуатации.

Скорость поступления продуктов изнашивания в охлаждающую жидкость является обобщающим показателем характеризующим качество применяемого антифриза, исходное техническое состояние двигателя, его систем и механизмов, а также режимы работы и условия эксплуатации.

Скорость поступления продуктов коррозионного изнашивания в антифриз можно определить по формулам

$$I = F \cdot V_o \cdot \rho_{ж} / L_{ж}; \quad (1)$$

$$I = F \cdot V_o \cdot \rho_{ж} / Q, \quad (2)$$

где F – концентрация продуктов коррозионного изнашивания в антифризе, г/т;
 V_o – объём системы охлаждения двигателя, м^3 ;
 $\rho_{ж}$ – плотность антифриза, $\text{т}/\text{м}^3$;

$L_{ж}$ – срок службы антифриза в двигателе, км (часы);

Q – количество израсходованного топлива за период работы антифриза в двигателе, л.

Изменение основных показателей от пробега характеризующих качество антифриза применяемого в автомобиле Hyundai i30 представлены в табл.1.

Таблица 1

Результаты изменения показателей качества антифриза GlycoShell G11 при эксплуатации автомобиля Hyundai i30

Показатели	Норма по ГОСТ 28084	39 тыс. км	52 тыс. км
1. Плотность при 20 °С, г/см ³	1,065-1,085	1,085	1,085
2. Температура начала кристаллизации, °С	- 40	- 42	- 42
3. Водородный показатель, рН	7,5-11,0	7,75	7,59
4. Щелочность, см ³ , не менее	10	9,1	9,7
5. Электропроводность, Ом ⁻¹ ·м ⁻¹	-	6,689·10 ⁻⁵	7,758·10 ⁻⁵
6. Коррозионное воздействие на металлы, г/м ² ·сут:			
- медь	0,1	0,012	0,015
- латунь	0,1	0,037	0,05
- алюминий	0,1	0,011	0,04
- сталь	0,1	0,1	0,135
- чугун	0,1	0,1	0,153
7. Концентрация продуктов коррозионного изнашивания, г/г			
Sn	-	-	<1
Cu	-	-	2
Al	-	-	6
Fe	-	-	3
8. Скорость поступления алюминия в антифриз, мг/л топлива	-	-	0,008

Анализируя изменение показателей качества антифриза представленных в табл. 1 нужно отметить, что при пробеге 39 тыс. км они не превышают значения рекомендуемые ГОСТ 28084 для не работавших антифризов, а значит, антифриз пригоден к дальнейшей эксплуатации. Но при следующем анализе на 52 тыс. км произошло увеличение коррозии деталей изготовленных из стали до 35% и чугуна до 53% по сравнению с предыдущим значением. Увеличение значения электропроводности антифриза составило около 16%. Концентрацию продуктов коррозионного изнашивания в антифризе определяли с помощью фотоэлектрической установки МФС-7.

Зная предельное значение концентрации продуктов коррозионного изнашивания и измеренное значение можно уточнять остаточный ресурс антифриза по формуле

$$L_{ост}^{ж} = (F_{пр} / F_{изм} - 1) \cdot L_{п} \cdot Q_{п} / Q_{б}, \quad (3)$$

где $F_{ПР}$ – предельное значение концентрации продуктов коррозионного изнашивания, г/т;
 $F_{ИЗМ}$ – измеренное значение концентрации продуктов коррозионного изнашивания, г/т;
 $L_{П}$ – срок службы антифриза в двигателе до очередной замены, км;
 $Q_{П}$ – расход топлива за период эксплуатации после замены антифриза, л/100км;
 $Q_{Б}$ – норма расхода топлива на прогнозируемый период эксплуатации, л/100км.

Суммарный расход топлива является интегральным показателем и объективнее учитывает реальные условия эксплуатации автомобиля за каждый день её работы, нагрузку на агрегаты, квалификацию водителя, дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия, чем наработка в км или часах работы.

Зная общее количество топлива, израсходованное автомобилем до очередной замены охлаждающей жидкости и количество топлива израсходованного на момент уточнения, можно вычислить остаточный ресурс антифриза по формуле

$$L_{ОСТ}^{\text{ж}} = (Q_{ОБЩ} - Q_{ИЗР}) \cdot 100 / Q_{Б}, \quad (4)$$

где $Q_{ОБЩ}$ – общее количество топлива израсходованного за срок службы антифриза до замены, л;

$Q_{ИЗР}$ – количество топлива израсходованного за период эксплуатации после замены антифриза, л;

$Q_{Б}$ – норма расхода топлива на прогнозируемый период эксплуатации, л/100км.

Применение современных эндоскопов при диагностике позволяет произвести обследование состояния двигателя внутреннего сгорания и контроль состояния зубчатых передач агрегатов трансмиссии, осмотреть изнутри любой трубопровод и полость, своевременно обнаружить в нем отложения и трещины, диагностика состояния системы выпуска отработавших газов без демонтажа ее элементов. С помощью эндоскопа можно заглянуть в скрытые полости кузова и обнаружить не видимые снаружи трещины и следы коррозии. При выполнении технического обслуживания по замене антифриза А-40 на автомобиле ВАЗ-2115 с помощью эндоскопа производилась оценка состояния поверхности деталей системы охлаждения (фото 1).



Фото 1. Состояние поверхности трубок радиатора автомобиля ВАЗ-2115:
а – новый радиатор; б – после замены антифриза

Рассматривая состояние поверхности трубок радиатора, было зафиксировано отсутствие отложений на поверхности, но выявлены не большие очаги коррозии (фото 1 б). При оценки состояния поверхности деталей системы охлаждения двигателя автомобиля Hyundai i30 не было выявлено, каких либо нарушений в работе системы охлаждения.

Выводы. Выполняя оценку основных показателей качества антифризов при проведении очередного технического обслуживания и анализируя состояние поверхности деталей системы

©М.И.Наглюк, В.П.Волков, И.С.Наглюк

охлаждения с помощью технического эндоскопа при очередной замене охлаждающей жидкости. Можно точнее установить целесообразность эксплуатации автомобиля на данном антифризе конкретного производителя сроках его замены и своевременно принять решение о замене детали или узла системы охлаждения не дожидаясь наступления отказа.

1. Драгомиров С. Г. Фильтры для очистки охлаждающей жидкости в автомобильных двигателях / С. Г. Драгомиров, М. Шкапцова, А. Глинкин // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XIII междунар. науч.- практич. конф., 28 –29 октября 2009 г. – Владимир: ВлГУ, 2009. – С. 307–311.
2. Гаврилов А.К. Фильтрация жидкости в охлаждающей системе дизеля / А.К. Гаврилов // Двигателестроение. - 1991. - № 8. - С. 27 - 28.
3. Безюков О. К. Формализация процессов старения охлаждающих жидкостей ДВС / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. В. Жукова // Двигатели внутреннего сгорания : науч.-техн. журнал. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 1989. – № 2. – С. 105–109.
4. Справочник химика / под ред. Никольского Б. П., 3 том, 2-е изд. доп. и пер. – М: Химия, 1964. – 1010 с.
5. Венцель Е. С. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел / Е. С.Венцель, С. Г. Жалкин, Н. И. Данько. – Харьков: УкрГАЗТ, 2003. – 168 с.
6. Богородицкий Н. П. Электротехнические материалы / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. – Л.: «Энергия», 1977. – 352 с.
7. Белоусов А. И. Измерение удельной объемной электропроводимости углеводородных жидкостей /А. И. Белоусов, И. В. Рожков, Е. М. Бушуева // Химия и технология топлив и масел. – 1985. – № 3. – С. 35–40.
8. Астапенков В. А. Охлаждающая жидкость экономит топливо / В. А. Астапенков //Автодорожник Украины. –1994. – №2.– С.15–16.
9. Галкин М.Л. Инновационные энергоэффективные антифризы для автомобильного транспорта / М.Л. Галкин, А.М. Рукавишников // Автомобильный транспорт: науч.-техн. журнал. – 2013. – №12. – С.24–25.
10. Яковлев Б.П. О коррозии и накипи в системах охлаждения тракторных двигателей / Б.П. Яковлев // Тракторы и сельхозмашины. – 1973. – №2. – С.17–19.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014

УДК 629.424: 628.43.6

Е.С.Ноженко

**Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПУТЕМ ОЗОНИРОВАНИЯ ТОПЛИВА**

Обоснованы теоретические предпосылки качественного влияния озонирования на физико-химические свойства топлива и энерго-экологические показатели работы дизеля. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния озонированного топлива на рабочий процесс дизеля.

Ключевые слова: дизель, озонирование топлива, характеристика тепловыделения, удельный эффективный расход топлива, дымность

Рис 4. Форм 3. Лит 14.

О.С.Ноженко

**ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ ОЗОНУВАННЯ ПАЛИВА**

Обґрунтовано теоретичні передумови якісного впливу озонування на фізико-хімічні властивості палива та енерго-екологічні показники роботи дизеля. Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень впливу озонованого палива на робочий процес дизеля.

Ключевые слова: дизель, озонування палива, характеристика тепловиділення, питома ефективна витрата палива, димність

O.Nozenko

**IMPROVED FUEL EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF VEHICLES BY
FUEL OZONATION**

Are proved theoretical preconditions qualitative influence of ozonation on physical and chemical properties of the fuel and energy and environmental indicators of diesel. The results of theoretical and experimental studies of the influence of ozonated fuel workflow diesel.

Keywords: diesel, fuel ozonation, the characteristic heat, specific fuel consumption, smoke

Постановка задачі. Темпы роста выбросов парниковых газов за последние двадцать лет продолжают расти. В докладе Международного энергетического агентства (МЭА) утверждается, что связанные с энергетикой выбросы в углеродном эквиваленте в прошлом году превысили 30 Гт, что на 5% больше, чем в 2008-м рекордном году [1]

При этом существующие альтернативные технологии получения и использования энергии достаточно затратны. Анализ роли существующих технологий снижения выбросов CO₂ показал, что основной эффект на данном этапе развития энергетики достигается при внедрении технологий по энергосбережению [2].

Однако, несмотря на огромное количество научно-исследовательских работ в направлении совершенствования существующих технологий сжигания топлив, за последнее десятилетие не появилось прорывных технологий, которые позволили бы в корне решить проблему эффективности сгорания топлива и соответственно снизить экологическую нагрузку от выбросов. Рост коэффициента полезного действия при преобразовании химической энергии топлива в механическую работу за последние 10 лет существенно не изменился и сохраняется на уровне 40-50% [3].

Анализ последних достижений и публикаций. Огромное распространение в последнее время получила идея об использовании альтернативных видов топлив [4], замещающих частично или полностью нефтяное топливо. Однако, в большинстве своем, для успешного использования такого топлива требуется конструктивное переоснащение ДВС или технология получения такого топлива недостаточно рациональна и экономически обоснована. Поэтому, в существующих реалиях на этапе перехода к возобновляемым источникам энергии, актуальны исследования, направленные на совершенствование организации рабочего процесса - улучшение неравномерности распределения горючей смеси по цилиндрам, уменьшение механических потерь, улучшение смесеобразования путем обработки топливовоздушной смеси различными способами (обработка электрическим полем, плазматронами, магнитным полем, ионизацией, ультразвуком), применение многоступенчатого впрыска топлива, изменение формы камеры сгорания. Особую нишу занимает применение присадок либо изменение свойств топлив.

Хорошие результаты по повышению качества сгорания топлива достигнуты при использовании цетаноповышающих присадок [5]. Заслуживают внимания работы, направленные на изменение

физико-химических свойств топлива в процессе эксплуатации ДВС, так называемое физико-химическое регулирование [6]. Основной проблемой при подобном регулировании является поиск катализатора горения или присадки, позволяющей реагировать на изменение условий работы дизеля. В качестве подобного вещества возможно использование озона для последующего озонирования топлива.

Однако подобного рода исследования тормозятся ввиду отсутствия общей фундаментальной теории горения, учитывающей качественные влияния добавок (присадок, биотоплива) на протекание процесса в целом. В основном исследователи для подобного учета используют физические свойства топлива – плотность, вязкость, поверхностное натяжение, что позволяет адекватно описать процессы впрыска, распыла, испарения и смесеобразования топлива в камере сгорания [7]. Однако практически отсутствуют работы, учитывающие изменение химической структуры топлива, его углеводородного состава, который влияет на период задержки воспламенения и протекание процесса сгорания в целом.

В фундаментальной теории горения углеводородов подобного рода исследования проводились как в Украине, так и за рубежом, описаны более 1500 стадий элементарных химических реакций при окислении углеводородов, однако до полного описания процесса горения углеводородов еще далеко. Следует отметить, что закономерности влияния катализаторов на скорость протекания реакции известны давно [8], но вследствие существенного отличия условий протекания реакции в камере сгорания затруднено применение этих закономерностей при описании влияния присадок или катализаторов горения. Ряд исследователей отмечают, что, исходя из существующей теории воспламенения распыленного топлива, качественной характеристикой этого процесса является период задержки воспламенения. Причем, как доказывается в работе [9] суммарная энергия активации E процесса принимается постоянной, не зависящей от температуры, соответствующей двустадийному окислению. Поэтому в кинетическом уравнении воспламенения

$$(\tau_1)_{x_{\text{лиг}}} \cdot P^n \cdot e^{-\frac{E}{RT}} = \text{const} \quad (1)$$

величины E , n и const постоянны для каждого вида топлива и являются их кинетическими характеристиками. Следовательно, химическая составляющая периода задержки воспламенения $(\tau_1)_{x_{\text{лиг}}}$ зависит только от давления в камере P_0 и истинной температуры воспламенения в факеле $T_в$:

$$(\tau_1)_{x_{\text{лиг}}} = f(P_0, T_в) \quad (2)$$

Изложенные предпосылки теории воспламенения топлива позволяют утверждать, что для качественного учета изменения химической структуры топлива, вследствие ввода катализаторов горения, т.е. воздействия на структуру топлива на молекулярном уровне, возможно использование кинетических характеристик топлива, а именно суммарной энергии активации смеси E , что кроме того подтверждается и законами химической кинетики (уравнение Аррениуса, закон Ван-Гоффа) [8].

Кроме того из общих представлений о начальном этапе воспламенения, определяющем, во многом, характер протекания горения углеводородов топлива, основным влияющим фактором является количество образованных «активных центров» горения, т.е. свободных радикалов и ионизированных атомов.

Как следует из анализа, приведенного в [10], возможность озонирования топливо-воздушной смеси энергетической установки является перспективным и эффективным направлением влияния на рабочий процесс, при этом наблюдается снижение расхода топлива и выбросов вредных веществ. Однако эффект для дизельного двигателя осложняется тем, что температура воздушной смеси, особенно для двигателей с турбонаддувом, высокая, что обуславливает снижение количества образующихся радикалов кислорода O и озона O_3 и, соответственно, снижение эффекта от озонирования воздушной смеси.

Менее исследованным является способ озонирования топлива перед его подачей в камеру сгорания. Способ озонирования нефти используется в нефтепереработке в качестве способа увеличения выхода светлых фракций и снижения количества серы в бензине и газойле [11].

Проводились детальные исследования озонирования бензина, с целью снижения расхода топлива и вредных выхлопов отработавших газов [12], показавшие перспективность данного направления исследований. В результате экспериментов установлено: двигатель легче запускается в холодное время года; при оптимальной дозе озона отсутствует детонация при работе на низкооктановом топливе; наблюдается более устойчивая работа двигателя при раннем и позднем зажигании; достигается повышение мощности двигателя (до 5%); при постоянной мощности и количестве оборотов наблюдается стабильная экономия топлива (до 11%) при переходе на

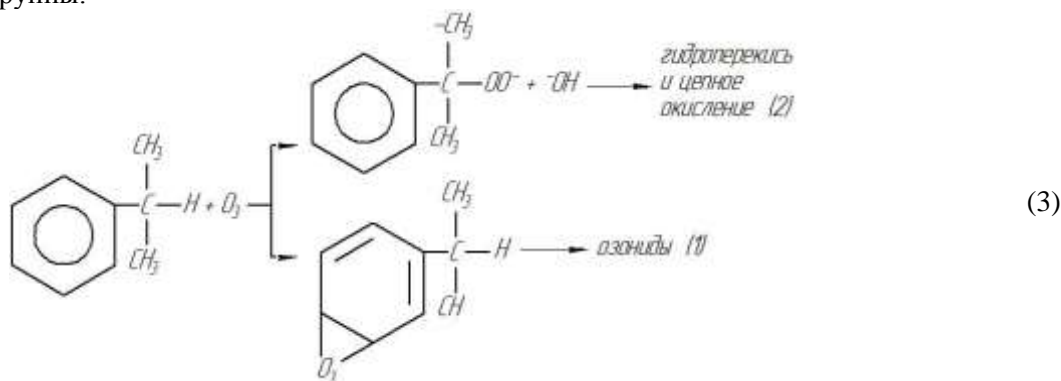
озонированное топливо; наблюдается рост октанового числа топлива (на 8-10 ед.); снижается токсичность отработавших газов (до 80%) [12].

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования [10], показали перспективность применения озонированного топлива в дизельных двигателях, однако при проведении экспериментальных исследований возник интерес к определению характеристик работы ДВС при различных параметрах озонированного топлива.

Цель статьи. Теоретическое и экспериментальное обоснование перспективности применения озонированного топлива в дизельных двигателях для улучшения его экологических и экономических характеристик.

Материалы и результаты исследования. Как отмечено в [10], озонолузу будут подвергаться, в основном, наиболее реакционноспособные ароматические углеводороды, процентное содержание алкилбензолов в дизельном топливе составляет порядка 13,5 %. Согласно [11] реакция озона с алкилбензолами может протекать двояко (3).

Причем преобладающим является направление 2 реакции (3), количество образующихся озонидов (направление 1 реакции (3)) по исследованиям [11] составляет порядка 1- 4% от общего количества продуктов реакции. К тому же, при реакции озона с ароматиками возможна разветвленная цепь (реакция 3, второе направление) - образуется два радикала, это уменьшает вероятность обрыва цепей в период задержки самовоспламенения и сокращает его продолжительность, что позитивно в итоге сказывается на технико-экономических характеристиках и экологических показателях дизелей. В то же время, в [12] отмечено, что озониды могут превращаться в органические кислотные радикальные группы.



Следовательно, в результате озонлиза дизельного топлива озон вступает в реакцию с алкилбензольными соединениями, в результате чего преобладает их цепное окисление с образованием перекисных соединений. При проведении исследований по выявлению влияния озона на физико-химические свойства дизельного топлива [10] это предположение подтверждается наличием осадка кислого характера при длительном озонировании топлива, что говорит о получении соединений, образованных при атаке алкильного заместителя по радикальному механизму (кетон, спиртов, перекисей и кислот).

В результате описанных выше механизмов возможных реакций озона с дизельным топливом, предпламенные реакции проходят несколько иным образом, а именно, на первом этапе цепного окисления углеводородов в объеме смеси уже присутствуют гидроперекисные соединения и, вместе с образованием идет одновременно и их разложение, в результате чего, происходит более интенсивный и «ранний» разогрев смеси и ускорение протекающих реакций, образование большего количества активных частиц. Это приводит к уменьшению продолжительности протекания предпламенных реакций и, следовательно, период запаздывания самовоспламенения смеси.

С целью оценки периода задержки воспламенения была преобразована существующая методика определения температуры вспышки в закрытом тигле [10], и получены аппроксимационные зависимости энергии активации дизельного топлива E от концентрации озона k , подающегося в топливо, и старении такого топлива t :

$$E = 16,234kt^2 + 0,268t^3 - 20,605t^2 + 401,726t - 286,963k - 165,657k^2t + E_m - 23100k + 5530k^2 - 29680k^3, \quad (4)$$

где E_m – энергия активации дизельного топлива, до его озонирования.

Это позволило теоретически оценить величину периода задержки воспламенения в соответствии с (1) и далее смоделировать протекание процесса сгорания в цилиндре дизеля.

Результаты экспериментальных исследований [10] свидетельствуют, что наиболее существенное влияние озон оказывает на величину суммарной энергии активации дизельного

топлива, что объясняется изменением химической структуры топлива при его озонировании. Влияние дозирования озono-воздушной смеси в топливо, в основном, связано с хемосорбцией и реакциями озонлиза в жидкой фазе. Влияние озона на процесс горения при его микродобавках в топливо объясняется образованием пероксидных соединений и последующим цепным их распадом на свободные радикалы, которые и вызывают детонацию в зоне горения. Время существования свободных радикалов ограничено, поэтому длительное хранение озонированного топлива приводит к синтезу в его объеме кислот и снижает способность к полному сгоранию. Это подтверждается тем, что при длительном озонировании топлива наблюдалось выпадение растворимого в щелочи осадка, что указывает на необратимые изменения в топливе [10].

Результаты выполненного впоследствии моделирования протекания процесса сгорания в цилиндрах дизеля Д49 по методике Н.Ф. Разлейцева объясняются предпосылками влияния озонирования на период задержки воспламенения. Как следует из (4) при озонировании топлива удельная эффективная энергия активации уменьшается, что, в свою очередь, приводит к сокращению периода задержки воспламенения (1). А, как следует, из результатов моделирования характеристики тепловыделения, например на номинальном режиме (рис. 3), ее первый максимум сдвигается в сторону в.м.т., что в свою очередь приводит к увеличению максимального давления сгорания, как видно из рис. 1, и, следовательно, к сокращению удельного эффективного расхода топлива (рис. 4).

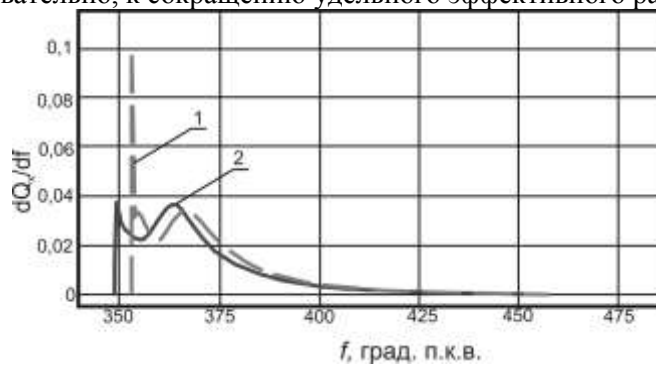


Рис. 3. Характеристика тепловыделения дизеля Д49 на номинальном режиме при работе: 1 – на ДТ; 2 – на ДТ+озон

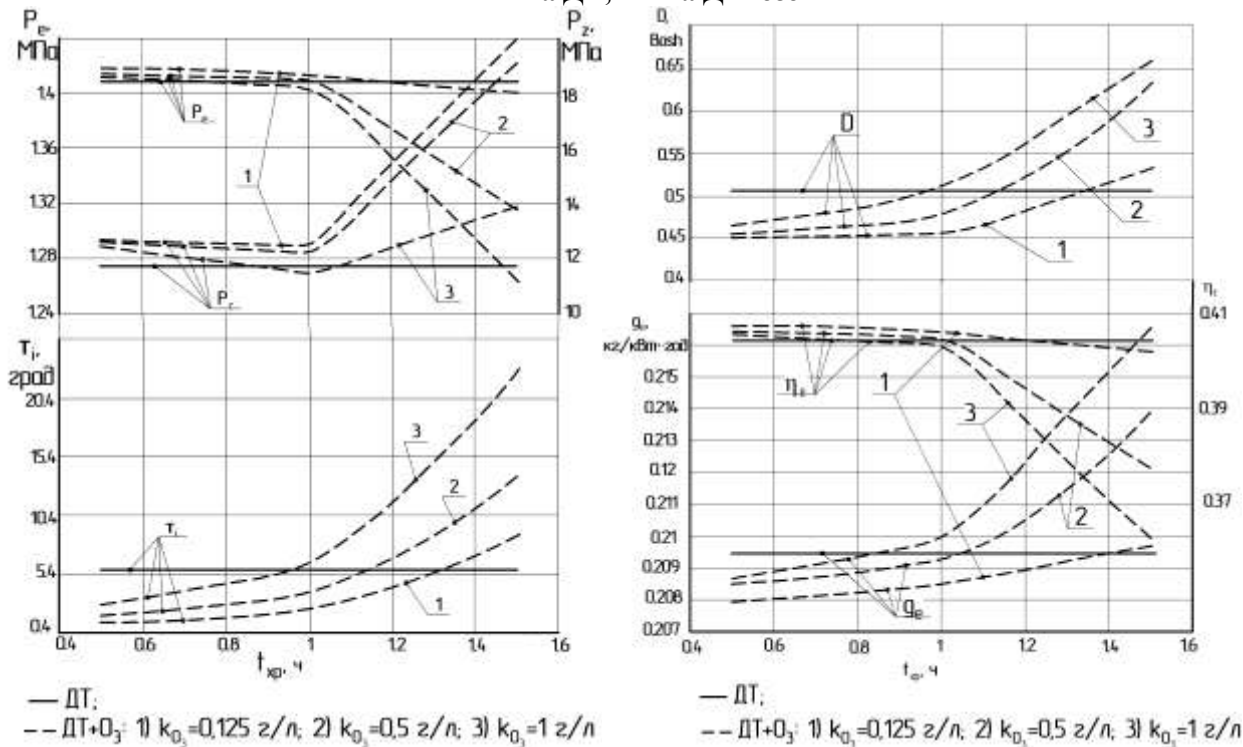


Рис. 4. Параметры работы дизель Д49 на номинальном режиме при работе на дизельном топливе (ДТ) и на озонированном дизельном топливе (ДТ+O₃) с разной концентрацией озона, подаваемого в топливо в зависимости от времени хранения озонированного топлива

Из результатов численного эксперимента следует, что существует предел использования озонированного топлива, при превышении которого наблюдается ухудшения удельного

эффективного расхода топлива g_e и дымности по сравнению с использованием обычного дизельного топлива, при этом определяющее значение имеет время хранения озонированного топлива t_{xp} . При хранении его более 1,5 часов наблюдается резкое ухудшение удельного эффективного расхода топлива g_e дизель-генераторной установки.

При моделировании дымности отработавших газов (рис. 4), эффект от озонирования топлива, объясняется более совершенным процессом сгорания, ввиду описанных выше процессов, а также с учетом разложения озоном серосодержащих соединений, выпадающих в осадок [10], что хорошо согласуется с результатами исследований по окислительному обессериванию нефти и моторных топлив на нефтеперерабатывающих заводах. При этом выпадение серосодержащих соединений объясняет эффект снижения дымности в результате озонирования по прошествии длительного времени с момента озонирования. Влияние концентрации озона в топливе на экономические и экологические показатели тепловозного дизеля также объясняются протеканием химических реакций в топливе и образующимися перекисными соединениями.

ВЫВОДЫ

Озонирование топлива приводит к образованию в составе топлива перекисных соединений, увеличение которых приводит к снижению условной энергии активации, что подтверждается экспериментальными исследованиями на основании которых получена зависимость величины энергии активации от концентрации озона и старении топлива, что говорит о нестабильности свойств озонированного топлива и необходимости проведения процесса озонирования непосредственно на транспортном средстве. Установлено, что существуют предельные уровни параметров озонирования, характеризующие эффективность способа озонирования дизельного топлива, которые составляют:

время хранения озонированного топлива $t_{xp} = 0 \dots 1$ часа; концентрация озона, подаваемого в топливо, $k_{O_3} = 0,1 \dots 0,5$ г/л. Моделирование рабочего процесса дизеля Д29 показало снижение эксплуатационного удельного эффективного расхода топлива на 1,6%.

1. Kick the Habit. A UN Guide to Carbon Neutrality. – 2008.
2. International Energy Agency. Energy Technology Perspectives – 2006, 479 pp. www.iea.org.
3. Романов, К. Двигателестроение как драйвер роста ОПК/ К. Романов// РЦБ. – №11. – 2007.
4. Werner K. Status and Development of biodiesel production and projects in Europe / K. Warner // SAE Tech. Pap. Ser. – 1995. - №952768. – P. 249 - 254.
5. Данилов А.М. Состояние и перспективы применения присадок к топливу в России и за рубежом / А.М. Данилов // Технология ТЭК. – 2004, №2. – С. 7 - 14.
6. Казначеевский В.Л. Повышение энергетических, экономических и экологических качеств дизеля 8Ч13/14 регулированием физико-химических свойств топлива. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02/ В.Л. Казначеевский. – М.: РУДН, 2006. – 168 с.
7. Семенов Б.Н. Теоретические и экспериментальные основы применения в быстроходных дизелях топлива с различными физическими и химическими свойствами: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.04.02 / Б.Н. Семенов. – Л., 1978. – 44 с.
8. Семенов Н.Н. Тепловая теория горения и взрывов / Н.Н. Семенов // Успехи физ. наук. – 1940. – Т. XXIII, вып. 3. – С. 251 - 292.
9. Свиридов Ю.Б. Смесеобразование и сгорание в дизелях / Ю.Б. Свиридов. – Л.: Машиностроение, 1972. – 224 с.
10. Ноженко Е.С. Повышение энергетической эффективности тепловоза активацией рабочих сред: дисс... канд. техн. наук: 05.22.07/ Е.С. Ноженко. – Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2010. – 207 с.
11. Лихтерова Н.М. Превращения углеводородов нефти под действием пучка активных электронов и озона. / Н.М. Лихтерова, В.В. Лунин, В.Н. Торховский и др. // Химия и технология топлив и масел. - 1999. № 4. – С. 38 - 43.
12. Столяренко Г. С. Теоретические основы гетерофазных озонных процессов и технология денитрификации газовых потоков: дисс. ... докт. техн. наук: 05.17.01 / Г.С. Столяренко – К.: НТУ «КПИ», 2000. – 440 с.
13. 11. Разумовский С.Д., Заиков Г.У. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.У. Заиков. – М.: Наука, 1974. - 239 с.
14. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона / В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014

В.О.Огневий

Вінницький національний технічний університет

**РОЗВИТОК АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЧЕРЕЗ ТРАНСФОРМАЦІЮ ЯК
СТРАТЕГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ**

В роботі розглянуте питання застосування розвитку автотранспортних підприємств для підвищення ефективності їх роботи. Визначено основні напрямки розвитку виробництва і сформовані стратегії трансформації автотранспортних підприємств проаналізовано їх особливості та доцільність реалізації

Ключові слова: автотранспортне підприємство, розвиток через трансформацію, напрямки, стратегія
Форм 4. Літ 4.

В работе рассмотрен вопрос применения развития автотранспортных предприятий для повышения эффективности их работы. Определены основные направления развития производства и сформированные стратегии трансформации автотранспортных предприятий проанализированы их особенности и целесообразность реализации

The transformation process is a key in the modern era of globalization. Understanding the nature and characteristics of the process in the general context of global changes necessary for development of an effective national strategy to address urgent problems.

A question of application development motor transport companies to improve their performance. The development strategy of motor transport companies through transformation – is a complex and potentially powerful tool that can allow them to withstand changes in the environment and withstand competition in the transport market. However, the mechanism of development strategies trucking companies through transformation, as the management of development activities on the motor transport companies perspective today is little explored. This requires the development of modern methods for the determination of effective development strategies through the transformation of research and practical aspects of their implementation.

Implementation strategies for the development of production through a transformation typically involves changes in four areas: structural, functional, organizational and managerial.

Author developed practical recommendations for appropriate development strategies through the transformation of the enterprises of road transport, which can facilitate the development and management decision on a real enterprise.

1. Актуальність проблеми

Основним завданням будь-якого підприємства є отримання максимального прибутку від своєї виробничо-господарської діяльності. Не виключенням є автотранспортні підприємства (АТП), основною метою яких є отримання прибутку від надання послуг з автомобільних перевезень. Однак сучасний стан більшості АТП не дозволяє їм ефективно функціонувати та отримувати прибуток в умовах сучасного конкурентного середовища. Так спад об'ємів виробництва в усіх сферах діяльності неминуче призвів до зниження обсягів вантажних перевезень та мобільності населення. Основними причинами зниження обсягів перевезень стали: загальна криза в економіці України; скорочення обсягів виробництва основних вантажоутворюючих галузей; скорочення експортно-імпортних перевезень; неподання вантажів для перевезення у заявлених обсягах; нестача транспортних засобів та незадовільний їх стан; недостатня спеціалізація; обмеження можливості оновлення техніки; відносно висока вартість забезпечення транспорту паливом і запчастинами.

Глобальні реформи при переході до ринкових відносин призвели до поступового розукрупнення всіх підприємств автомобільного транспорту та децентралізації перевізного процесу. Якщо раніше у галузі функціонували майже тисяча автотранспортних підприємств, то сьогодні господарську діяльність здійснюють понад сто тисяч автомобільних перевізників, що сприяє загостренню конкурентної боротьби на ринку.

Фінансова криза останніх років значно знизилася можливість залучення автотранспортними підприємствами інвестицій з зовнішніх джерел, і на сьогоднішній день головним джерелом фінансування на транспорті являються власні кошти підприємств.

Одним з виходів із даної ситуації є проведення ряду перетворень, тобто трансформацій, які будуть стосуватись виробничо-господарської діяльності.

Під процесом розвитку автотранспортних підприємств через трансформацію будемо розуміти сукупність змін різного характеру, які здійснюється через застосування комплексу внутрішніх і зовнішніх заходів для адаптації до мінливості ринку транспортних послуг з метою забезпечення ефективності функціонування та конкурентоспроможності.

2. Аналіз наукових праць

Вагомий внесок в дослідження теоретичних та практичних аспектів трансформаційних процесів зробили Б. Альтстренд, К.С. Вацьковски, Л.Ю. Гордієнко, В.І. Захарченко, Ю.В. Іванова, Дж. Лемпел, Н.П. Масленникова, А. Мельник, Г. Мінцберг, Ю.М. Осипов, С.В. Філіпова, І. О. Горленко, О.В. Панібрацька та ін. Деякі теоретичні аспекти проблеми трансформаційних процесів на транспортних підприємствах

розглянуті в працях М.Н. Бідняка, Є.С. Кузнецова, О.М. Ложачевської, В.М. Бобровника, В.Є. Канарчука, О.П. Левченко, Г.Ю. Олійника, І.В. Шевченко, В.Г. Сєдого, О.М. Бабій.

Аналіз існуючих на сьогоднішній день наукових праць показав, що більшість з них висвітлюють лише окремі аспекти проблеми розвитку промислових підприємств через трансформацію та не мають системного комплексного характеру і не враховують специфіки підприємств транспорту. Крім того, велика кількість наукових праць побудована на засадах планово-адміністративної економіки, що не може бути застосованим за ринкових умов. Існуючі на сьогоднішній день методики проведення трансформаційних змін висвітлюють лише деякі аспекти проблеми, та мають ряд обмежень, які не дозволяють застосовувати їх в повному об'ємі до вітчизняних транспортних підприємств, що й обумовлює необхідність подальших досліджень в даній області.

3. Постановка задачі

Впровадження розвитку автотранспортних підприємств через трансформацію виконується в середньостроковій і довгостроковій перспективі, що вимагає застосування стратегічного планування – тобто формування стратегій розвитку виробництва. Стратегічне планування дає можливість керівництву підприємств визначитися з напрямком і темпом розвитку, окреслити глобальні тенденції ринку, зрозуміти, які організаційні й структурні зміни повинні відбутися на підприємстві, щоб воно стало конкурентоспроможним, у чому його перевага, які інструменти необхідні для успішного розвитку.

Під стратегією слід розуміти довгостроковий якісно визначений напрямок розвитку підприємства, який стосується сфери, засобів і форми його діяльності, системи внутрішньовиробничих відносин, а також позицій підприємства в зовнішньому середовищі. При такому розумінні, стратегію можна охарактеризувати як обраний напрямок діяльності, функціонування в рамках якого повинно привести підприємство до досягнення цілей, які стоять перед ним.

Стратегія розвитку автотранспортних підприємств через трансформацію – це складний і потенційно потужний механізм, який може дозволити їм протистояти змінам зовнішнього середовища та витримувати конкуренцію на ринку транспортних послуг. Проте механізм стратегій розвитку автотранспортних підприємств через трансформацію, як управління розвитком діяльності АТП на перспективу, на сьогоднішній день є мало дослідженим. Це вимагає розробки сучасних методів визначення ефективних стратегій розвитку через трансформацію та дослідження практичних аспектів їх реалізації.

4. Основна частина

Застосування стратегічного підходу передбачає погляд на підприємство як на «відкриту» систему, головні передумови діяльності якої знаходяться не в середині, а зовні цієї системи. Тобто ефективність функціонування підприємства пов'язана з тим, на скільки ефективно воно може пристосовуватись до зовнішнього середовища – ринку. Тому при виборі тієї чи іншої стратегії розвитку необхідно керуватися не тільки величиною можливого прибутку від реалізації стратегії, а й враховувати конкурентоспроможність підприємства на ринку транспортних послуг.

Також не варто забувати, що особливість трансформаційних процесів підприємств автомобільного транспорту полягає в наступному:

- їх відтворювальний цикл, як правило, суттєво коротший, ніж у підприємств багатьох інших сфер, а наявні виробничі ресурси - більш ліквідні, що сприяє процесам перерозподілу засобів, формуванню мобільних резервів і пристосуванню до попиту, що змінюється;

- вони мають відносно меншу капіталоємність, що вимагає порівняно менших ресурсів для підтримки простого відтворення підприємства (наприклад, менших обсягів амортизаційних фондів), а значить, складає умови для утворення мобільних резервів і переходу на попит-обмежувальну схему функціонування;

- відтворювальна структура підприємств транспорту і специфіка ресурсів, які вони споживають сприяє більш плавному переходу розглянутих підприємств у ринкове середовище.

На думку автора, варто при дослідженні розвитку автотранспортних підприємств через трансформацію розглядати чотири напрямки: структурний, функціональний, організаційний та управлінський.

Структурний напрямок передбачає структурну перебудову. Структура підприємства – це логічні взаємини рівнів управління і підсистем об'єкту управління, побудованих у формі, що дозволяє найефективніше досягати цілей підприємства. Структура має за мету реалізацію цілей підприємства, та відображає його внутрішній стан, розташування його елементів і зв'язків в часі і просторі. Це своєрідна потенційна якість системи, що виявляється в процесі її функціонування.

Функціональний напрямок передбачає зміни функцій. Функції підприємства – це те, що виражає зміст підприємства через прояв специфічних його властивостей, які виявляються у внутрішніх або зовнішніх взаємодіях і носять характер певного виду «діяльності» того чи іншого елемента системи [1]. Функції також призначені для реалізації цілей підприємства. Тому структура і функції єдині і служать одній меті.

Організаційний напрямок дослідження передбачає зміни в організації виробництва. Організація виробництва передбачає підготовку виробництва, оптимізацію виробничої потужності та виробничої структури підприємств, організацію виробничих процесів, створення технічної і технологічної підсистем, оперативне управління виробництвом. Також вона відображає певний лад всієї сукупності відносин, зв'язків і взаємодій між елементами і процесами, об'єднаними в єдине ціле. Чим вище рівень організованості транспортного підприємства, тим ясніше, визначеніше виражена його структура [1].

Управлінський напрямок дослідження передбачає зміни в управлінні виробництвом. Управління (у вузькому сенсі) — це дія із зміни режиму роботи системи, направлена на підвищення її продуктивності або якості випускаючої продукції [1]. «Управління виробництвом - це складний, цілеспрямований, безперервний соціально-економічний і організаційно-технічний процес дії керуючої системи на конкретний керований об'єкт (цех, відділ, підприємство, об'єднання, галузь і т. п.) по відповідній технології за допомогою системи методів і технічних засобів з метою досягнення керованою системою заданих техніко-економічних і соціальних параметрів» [2].

Дані напрямки включають множину стратегій розвитку та відповідно розроблених по них варіантів їх реалізації [3].

Так стратегіями структурного напрямку можуть бути:

- злиття підприємств;
- поглинання підприємств;
- просте розширення парку, рухомий склад аналогічний тому, що експлуатується;
- складне розширення парку, рухомий склад суттєво відрізняється від наявного;
- модернізація парку;
- спеціалізація на наданні певних видів послуг.

Стратегіями функціонального напрямку виступають:

- зміну графіку надання послуг автотранспортного підприємства;
- зміну розміщення самих підприємств;
- створення експлуатаційних філій біля споживачів транспортних послуг;
- перепрофілювання діяльності підприємств в зв'язку зі зміною попиту на надані послуги і придбання нового спеціалізованого парку.

Організаційний напрямок включає:

- вибір раціональної форми організації виробництва на підприємствах автомобільного транспорту;
- створення нових виробничих ділянок, для обслуговування не тільки власного автопарку а й надання послуг іншим перевізникам;
- зміну цільових установок в діяльності підприємства в зв'язку зі зміною ринкової ситуації.

Управлінський напрямок включає наступні стратегії:

- перехід на стратегічне управління підприємств автомобільного транспорту;
- децентралізацію управління;
- автоматизацію процесів управління;
- впровадження нових методів управління.

На сьогоднішній день при виборі напрямку розвитку та відповідної стратегії варто враховувати не тільки величину можливого прибутку від реалізації стратегії, а й враховувати конкурентоспроможність підприємства.

Для оцінки конкурентоспроможності пропонується використовувати інтегральний індекс конкурентоспроможності[4]:

$$K_{\text{кк}} = \frac{R}{G}, \quad (1)$$

де R – зведений індекс конкурентоспроможності по якісним характеристикам;

G – зведений індекс конкурентоспроможності по вартісним характеристикам.

Для оцінки економічного ефекту від реалізації того чи іншого варіанту розвитку автотранспортних підприємств через трансформацію широкого застосування отримали показники, чистої теперішньої вартості, індексу прибутковості та внутрішньої ставки дохідності [4]:

$$NPV = I - \sum_{t=1}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t}, \quad (2)$$

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t}}{I}, \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^T \frac{NCF_t}{(1+IRR)^t} - I = 0 \quad (4)$$

де NCF_t – чистий грошовий потік від реалізації варіанту розвитку в інтервалі часу t , що визначається як різниця вхідного і вихідного грошових потоків;

I – початкові одноразові інвестиції;

R – ставка дисконтування;

T – тривалість інвестиційного періоду;

IRR – внутрішня ставка дохідності.

Остаточне рішення про схвалення варіанту розвитку повинно прийматись експертним шляхом в дві стадії. Спочатку за допомогою інтегрального індексу конкурентоспроможності відсіюються варіанти, які не підвищують конкурентоспроможність підприємства, а далі за допомогою критеріїв: чиста теперішня вартість, індекс прибутковості, внутрішня ставка дохідності відсіюються ті, які мають негативне значення, тобто $NPV \leq 0$, $PI \leq 1$, $IRR < HCD$.

Застосування різних стратегій структурного напрямку можуть відрізнятися в залежності від розмірів підприємства.

Зміна потужності має сенс при обмеженості ресурсів (управлінських, фінансових, трудових) і можливості збільшення частки ринку з метою підвищення ефективності їх діяльності. Як свідчить міжнародний досвід, створення нових організаційних структур на основі злиття, або поглинання є досить поширеним явищем. Це досить перспективний напрямок розвитку для малих за розмірами підприємств (від одного до десяти автомобілів) та середніх (від 10 до 50 автомобілів). Результатом злиття є поява нового підприємства на базі декількох старих або приєднання підприємства до іншого. При цьому є можливість знизити витрати, особливо адміністративні, оптимально використовувати виробниче обладнання, транспорт і тим самим підвищити конкурентоспроможність на ринку.

Для великих за розмірами підприємств (більше 50 автомобілів) ефективними стратегіями можуть стати поділ підприємства, яке має фінансову заборгованість на декілька нових, які не мають боргів або виділення збиткових або прибуткових структурних підрозділів, які не пов'язані з основним виробництвом.

Розширення має сенс коли наявна вільна частина ринку, що відповідає профілю підприємства, яку воно прагне захопити. В основному воно характерне для середніх за розмірами підприємств. Вони проводять розширення за рахунок найбільш ефективного рухомого складу з точки зору перевізного процесу. При цьому враховуються всі технічно-експлуатаційні характеристики, які найкраще відповідають характеру перевезень і характеристикам вантажу.

Для малих за розмірами підприємств досить ефективною є спеціалізація, адже маючи невелику кількість автомобілів вони орієнтуються на експлуатацію однієї моделі, що є досить зручним при виконанні дій по підтриманні рухомого складу в технічно - справному стані. При спеціалізації варто провести заходи щодо зміни структури управління, ліквідувати або навпаки створити підрозділи або окремі виробництва в межах підприємства. Неспеціалізований, малоефективний рухомий склад при цьому можна продати або здати в оренду і отримати певні фінансові ресурси.

Модернізація є ефективною, коли підприємство займає певний сегмент ринку транспортних послуг і хоче підвищити власну конкурентоспроможність. Дана стратегія характерна для середніх за розмірами підприємств. Ці підприємства застарілий рухомий склад часто замінюють на нові моделі, які більш повно відповідають специфіці і профілю перевезень. При цьому можна досягти підвищення якості надання послуг та зниження вартості за рахунок зменшення витрат на обслуговування та ремонт.

Застосування стратегій функціонального напрямку теж залежить від розмірів підприємства. Стосовно зміни графіку надання послуг, то дана стратегія характерна більше для малих і середніх за розмірами підприємств, оскільки вони мають невеликий авторитет на ринку і змушені підлаштовуватись під споживачів. Це дасть змогу завоювати собі певну додаткову частку на ринку. Великі ж підприємства мають авторитет надійних партнерів, тому в більшості випадків споживачі

свій графік роботи підлаштовують під них.

Малі підприємства при стратегії зміни розміщення повністю змінюють своє місце розміщення в залежності від потреб ринку та факторів зовнішнього середовища, середні і великі підприємства в таких випадках обмежуються створенням експлуатаційних філіалів.

Стратегія перепрофілювання в принципі не залежить від розмірів підприємства і залежить лише від рівня конкуренції та попиту на ринку транспортних послуг, проте й вона характерна, як правило, для середніх і малих підприємств. Варто пам'ятати, що при перепрофілюванні необхідно проаналізувати ринкову ситуацію з врахуванням загроз її зміни та приділити велику увагу створенню іміджу.

Створення нових функцій сприяє організаційній стійкості, що знижує ризик перебування підприємства на нестійкому ринку.

Застосування стратегій організаційного напрямку, що стосуються створення виробничих дільниць – характерне для малих підприємств, оскільки в них, як правило, відсутня виробничо-технічна база.

Зміна рівня організації виробничих процесів характерна в основному для середніх за розмірами підприємств, оскільки виробничо-технічна база в них наявна, проте рівень організації робіт по підтриманню рухомого складу в технічно-справному стані ще досить таки низький. Варто пам'ятати, що ефективна організація роботи підприємства веде до зростання прибутків та зменшення витрат на виробництво.

Стратегії управлінського напрямку, направлені на запровадження нових прогресивних форм і методів управління. Вони найбільш характерні для великих за розмірами підприємств, оскільки всі інші підсистеми в них знаходяться на високому рівні, а ось рівень професіоналізму керівного складу та застосованих методів управління потребує удосконалення.

На сьогоднішній день майже на всіх підприємствах відсутній професійно підготовлений керівний персонал, який має базову освіту пов'язану з автомобільним транспортом. Враховуючи дану тенденцію необхідно проводити ретельний підбір кадрів, стажування для підвищення рівня їх кваліфікації.

Варто також пам'ятати, що коли певні послуги підприємства є нерентабельними через високу собівартість, низьку якість, застарілу технологію надання і немає можливості підвищити їх конкурентоспроможність варто від них відмовитися. У випадку, коли всі послуги є неефективними варто провести перепрофілювання виробництва: провести структурні зміни та перекваліфікацію персоналу, якщо цього зробити неможливо через високий рівень конкуренції то виробничий підрозділ або і все підприємство необхідно ліквідувати, активи продати, а площі здати в оренду.

5. Висновки

Враховуючи сучасний стан автомобільного транспорту України можна стверджувати, що розвиток автотранспортних підприємств через трансформацію є одним з найдоцільніших напрямків підвищення їх ефективності функціонування. Враховуючи специфіку даного поняття, його впровадження на АТП вимагає застосування стратегічного підходу. Реалізація стратегій розвитку виробництва через трансформацію зазвичай передбачає зміни по чотирьох напрямках: структурний, функціональний, організаційний та управлінський.

Розроблені практичні рекомендації по застосуванню відповідних стратегій розвитку через трансформацію на підприємствах автомобільного транспорту, які дозволяють полегшити процес розробки та прийняття управлінського рішення на реальному підприємстві

1. Менеджмент на транспорті : [учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений] / [Н. Н. Громов, В. А. Персианов, Н. С. Усков и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Громова, В. А. Персианова. – М. : Издательский центр "Академия", 2003. – 528с. – ISBN 5-7695-1280-6.
2. Дейнеко О. А. Технология управленческих работ в машиностроении / О. А. Дейнеко. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.
3. Огневий В. О. Формування стратегій трансформації підприємств автомобільного транспорту / В.О. Огневий // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир, 2010. – № II (53) (ТОМ 2). – с. 109-120.
4. Біліченко В. В. Визначення ефективності проектів трансформації на підприємствах автомобільного транспорту / В.В. Біліченко, В.О. Огневий // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 6. – С. 33–38.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014

М.С.Оліскевич

Національний університет "Львівська політехніка"

**ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ АВТОМОБІЛЕПОТОКІВ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ЗАДАНОГО ПУНКТУ ВІДПРАВЛЕННЯ ВАНТАЖІВ**

Розроблено детерміновану модель транспортно-технологічної схеми доставки вантажів як послідовність логістичних операцій розподілу і сполучення матеріальних потоків. Виконано оптимізацію параметрів схеми за критерієм мінімальних сумарних затримок процесу. Знайдено параметричний ряд оптимальних транспортно-технологічних схем.

Ключові слова: автомобілепотоки, вантажопотоки, вантажність, затримка доставки.

Форм. 12. Рис. 6. Літ. 15.

М.С.Оліскевич

**ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ АВТОМОБІЛЕПОТОКІВ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАННЯ
ЗАДАНОГО ПУНКТА ОТПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВ**

Разработана детерминированная модель транспортно-технологической схемы доставки грузов как последовательность элементарных логистических операций распределения и соединения материальных потоков. Выполнена оптимизация параметров схем за критерием минимальных суммарных задержек процесса. Найден параметрический ряд оптимальных транспортно-технологических схем.

Ключевые слова: автомобилепотоки, грузопотоки, грузоподъемность, задержка доставки.

Форм. 12. Рис. 6. Лит. 15.

M.Oliskevych

**OPTIMIZATION OF STRUCTURE OF TRAFFIC OF TRUCKS TO SERVE THE SET POINT
OF DEPARTURE OF LOADS**

The determined model of source of traffics of goods is developed in the paper. The transport-technological scheme of it's functioning is given as sequence of elementary logistic operations of separation and connection of material streams. It was grounded the necessity of using a few parallel loading posts. It makes a consumer goods demand satisfied and on another side it eliminates a total delays of luggage delivery process. There was found that the increasing of intensity of trucks using of on the delivery routes causes the increasing of stoppages of them under loading. Therefore the task of construction of scheduling of truck traffic had obtained an optimization character and nonlinear type there. Optimization of parameters of scheme was executed after the criterion of minimum of total delays of process. Variables of that problem are carrying capacity of trucks, amount of their on each route, average intensity of goods consumption and the time check of loading of luggage package unit. The restrictions were the maximum and minimum of carrying capacity of trucks, the maximum of each routes time. Parameters dependence were made on the basis of principle of flows unbreakable. This means that the average intensity of traffics of goods and trucks at neighboring logistic operation must be the same. To solve this task the non-linear programming methods of gradients has been used. The line of optimum transport-technological schemes which differ with a power of total traffic of goods, structure of depot of trucks is found. To determine the factor of proper transport scheme designing there were investigated dependences of total amount and carrying capacity of trucks from unevenness of served routes properties. There were constructed the principles of routes uniting. It was proved that the quantity of total luggage traffic is not sufficient feature to identify transport scheme as medium and to imply the proper methods to optimize it.

Keywords: traffics of trucks, traffics of goods, carrying capacity, delay of delivery.

Постановка проблеми. Структура витрат часу на постачання товарів споживачам в сучасних економічних умовах є, приблизно, такими: до 2% – для виробництва, 50% – транспортування, решта – унерухомих товарів на складах, у чергах, сортувальних пунктах та у вигляді інших запасів [1]. Це негативно впливає на собівартість продукції. Серед вагомих причин цього: недостатність інформації, отже випадковий характер процесів виникнення і обслуговування вантажопотоків; часова і просторова непогодженість виконання транспортних операцій, що призводить до непродуктивних простоїв рухомого складу в очікуванні вантажних робіт, або вантажно-розвантажувальних засобів в очікуванні автомобілів, до несвочасної доставки товарів одержувачам і, як наслідок, – зниженню ефективності всього транспортного комплексу в цілому [8]. До цього часу вважається, що вантажопотоки, і автомобілепотоки, змінюючись якісно і кількісно, залишаються випадковим чинником, що вносить ще більшу незлагодженість транспортно-технологічних схем (ТТС) [10]. Невизначеність зумовлює необхідність створювати значні резерви провізних спроможностей парків автотранспортних засобів (АТЗ), які значно перевищують реальні обсяги перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В теорії і практиці було немало спроб зменшити резервування провізних спроможностей парків АТЗ через обґрунтування їх структури. Зокрема, в роботах А. І. Воркута вказувалось, що структура парку вантажних автомобілів за вантажністю повинна бути максимально погодженою з розподілом замовлень за розміром гурту вантажів [3]. При цьому вантажопотоки вважалися заданими та некерованими: розмір кожного гурту відправлення – незмінний, продиктований замовником. Його можна було розділити на дрібніші лише тоді, коли він перевищував найбільшу вантажність автомобілів парку. Сталими розглядалися також тривалості навантажувальних операцій, параметри маршрутів, по яких виконується постачання товарів. Вагомим недоліком такого розгляду є й те, що потоки вимог на перевезення (гуртів вантажів) називають незалежними в часі й у просторі. Це привело до хибного висновку, що керувати взаємодією вантажо- і автомобілепотоків – неможливо, а їх злагодженість можна прогнозувати лише з певною ймовірністю. Крім того, не бралось до уваги, що така взаємодія відбувається у фіксовані моменти часу, тому ТТС доставки вантажів потрібно розглядати як дискретну, динамічну систему.

В працях Долі В. К., Куниці А. В., Ніколіна В. І., та інших вчених було показано, що транспортний процес має дискретний характер, тобто його основні параметри, у тому числі – тривалість перевезення вантажів, – не мають неперервної залежності від інтенсивності вантажопотоків на усьому проміжку її можливої зміни [5, 9, 12]. В роботах Калініченка О. П. удосконалення автотранспортного процесу, на етапі оперативного планування вважається можливим через зниження непродуктивних простоїв елементів ТТС (автомобілів, навантажувачів), а також через розроблення і впровадження раціональних графіків спільної роботи навантажувально-розвантажувальних пунктів і АТЗ, з використанням заздалегідь запланованого простою навантажувально-розвантажувальних механізмів (НРМ). Заплановане простоювання, як вважає дослідник, можна планувати двома способами: на кожну поїздку, і на такт – період часу за який відбувається циклічна операція навантаження АТЗ [8]. Повністю його позбутися, як вважає автор – неможливо і нецільно. Адже при цьому ТТС стає занадто „жорсткою” щодо ймовірності її змін. З іншого боку, уявити таку ТТС, де відсутні непродуктивні простоювання усіх задіяних у ній ресурсів (затримки процесу) означає створити ідеал транспортного процесу і окреслити шляхи наближення до нього.

Детальний розгляд затримок автомобілів та вантажів в пунктах навантаження, розвантаження й на маршрутах приводить до підвищення рівня раціональної організації перевізного процесу й скорочення тривалості постачання товарів [6, 7]. За оцінками деякого з дослідників затримки при виконанні цих операцій становлять, приблизно, 30-35% від загального часу транспортного циклу [11]. Однак на практиці, при організації й плануванні перевезень у розрахунках приймається нормований час простою під навантаженням і розвантаженням, що залежить від способу виконання робіт, вантажності транспортних засобів, властивостей вантажу й пакування [8, 11]. З достатньою точністю можна прийняти, що тривалість навантаження АТЗ тарно-поштучними вантажами є прямо-пропорційною кількості вантажних місць – транспортних пакетів [15].

Переважає більшість авторів схильється до думки, що умовою безперебійної та синхронної роботи НРМ й автомобілів, є рівність ритму їх роботи. Тому для упорядкування ТТС потрібно скласти раціональний розклад руху, для чого необхідно скоригувати тривалість рейсу на кожному маршруті, щоб він був кратним тривалості навантаження [5, 7, 9, 10]. Вважають, що це можна зробити зміною технічної швидкості та переглядом конфігурації маршрутів [11, 13]. Але при цьому не враховується, що сучасні ТТС є такими, у яких різні логістичні ланцюги, відповідно АТЗ, які працюють на різних маршрутах, вантажі, що доставляються різним споживачам є взаємопов'язаними. За класифікацією професора Ніколіна В. І. ці ТТС відносяться до середніх [12]. Це означає, що у злагодженому транспортно-технологічному процесі такти двох суміжних логістичних операцій є об'єктивно пов'язаними детермінованими залежностями. Якщо автомобілепотоки, або вантажопотоки на якійсь стадії процесу розділяються, або об'єднуються, то рівність тактів таких двох сусідніх операцій уже не матиме впливу на злагодженість. Потрібно розглядати складніші залежності організаційних параметрів.

ТТС, у якій є декілька постів навантаження, складні вантажопотоки, автомобілепотоки, що перетинаються, а також ланцюг логістичних операцій, різних за тривалістю, можна віднести до багатостадійних детермінованих обслуговувачих систем [14]. Їх називають такими, що побудова оптимальних розкладів операцій для них за критерієм максимальної швидкодії є NP-складною задачею в сильному змісті [2]. З одного боку, немає ніяких гарантій, що оптимальний розклад у таких системах існує для будь-якої сукупності транспортних циклів, а з іншого – виникають ситуації, коли його можна побудувати з різною кількістю автомобілів. Таким чином, поняття оптимального

розкладу не завжди відповідає використанню мінімальної кількості автомобілів [2, 13]. Тому доцільно будувати неперервний, найщільніший розклад. Їх називають розкладами без затримок. Проте, їх пошук вимагає перебору дуже великої кількості варіантів, тому використовують наближені евристичні методи [14]. На практиці, складання розкладу в роботі пропонують вирішувати в укрупненому масштабі [7]. Тривалість одного такту обирають не на основі технічних характеристик навантажувальних механізмів, а виходячи з розумних меж „жорсткості” планування. Якщо абсолютне виключення простоїв АТЗ чи НРМ видається неможливим, то за один такт приймають такий інтервал часу, в межах якого простої вважаються несуттєвими. Далі визначають інші параметри: число тактів неперервної роботи, середню інтенсивність навантаження за один такт, середню тривалість одного рейсу [6]. Такий підхід не дає гарантованого оптимуму, а також не може бути застосованим для складних ТТС.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Розвиток ТТС – це їх пристосування до умов матеріального виробництва і споживання, які утворюють дискретні матеріальні потоки. Зі збільшенням їх інтенсивності їх структура стає складнішою. Логістичні ланцюги таких операцій є, тепер переважно, взаємопов’язаними. Різна за величиною тривалість операцій та їх випадковий характер зумовлюють наявність непродуктивних станів елементів ТТС – затримок. Отже, існують такі послідовності операцій, при яких сумарна кількість таких небажаних станів буде мінімальною. У цьому випадку мова йде про певну впорядкованість ТТС. До цього часу проводились удосконалення логістичних ланцюгів, які не перетинались. Відомі методи впорядкування базувались на основі комбінаторного цілеспрямованого перебору елементів матеріальних потоків. При цьому оптимальний розв’язок проблеми не гарантувався. Іноді, через значну складність алгоритмів дослідники відмовлялись від пошуку точного гарантованого розв’язку. Якщо ж змоделювати матеріальні потоки з допомогою детермінованих залежностей організаційних параметрів (такту, фронту, розміру гурту), які встановлюють зв’язок між першою і останньою ланкою ланцюга операцій, то від структурної оптимізації можна перейти до параметричної. У цьому випадку оптимізацію потоків можна провести успішно. У попередніх роботах нами було розроблено таку методику [4]. Її застосовано для процесів доставки вантажів, які швидко псуються. Тому було використано критерій мінімальної тривалості. Нове застосування вимагає знайти граничні стани ТТС, при яких задіяні в ній транспортні засоби використовуються максимально ефективно. При цьому більшість операцій граничного стану виконуються „саме вчасно” – без затримок. Час завершення будь-якої операції системи диктує інша, яка з нею пов’язана. Тому їх узгодження (впорядкування) – це компроміс, який передбачає виконання операцій у заздалегідь неоптимальному режимі. При застосуванні критерію „саме вчасно” досягається мінімум необхідного резерву: 1) енергетичних ресурсів; 2) об’єктів перевезення (вантажів, транспортних пакетів, контейнерів); 3) провізних спроможностей парків АТЗ; 4) часу для виконання доставки виробів та сировини. Таким чином, критерій впорядкування ТТС за критерієм „саме вчасно” дає змогу отримати заощадження енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності АТЗ, та зниження затримок доставки поштучних пакетних відправок.

Мета дослідження. Виявити такі параметри ТТС, яка складається з пункту навантаження поштучних вантажів з паралельними постами відправлення АТЗ і декількох маршрутів доставки, за яких сумарні затримки вантажопотоків, автомобілепотоків і простоювання НРМ є мінімальними і прямують до нуля.

Основні результати дослідження. Впорядкування та оптимізація взаємодії автомобілепотоків та вантажопотоків у пункті навантаження і на заданих маршрутах для середньої ТТС розглядалось на прикладі такої задачі. Нехай транспортний пункт виконує завантаження автомобілів, які працюють на обслуговуванні j постійних замовників з доставкою поштучних вантажів по незалежних один від одного маршрутах, мінімальна гарантована тривалість руху по яких – відома – t_{mj} . Оскільки час руху на кожному маршруті є відносно нетривалм (меншим, ніж період надходження і виконання замовлень), то можна вважати, що процеси споживання вантажів – стаціонарні. Процес доставки вантажів – дискретний. Однак попит кожного споживача можна оцінити середньою інтенсивністю μ_j , яка є змінною величиною. Оскільки вантажі – поштучні, доставляються гуртами у транспортних пакетах, то кожному з цих величин запишемо, як:

$$\mu_j = \frac{k_j}{\tau_j}, \text{ пакетів/год.}, \quad (1)$$

де k_j – розмір гурту (кількість транспортних пакетів на АТЗ), які доставляються j -му споживачеві;
 τ_j – такт доставки вантажів, год.

Для досягнення сформульованої мети не ставилось завдання, щоб параметр k_j наближався до значення номінальної вантажності АТЗ, що задіяні у ТТС, навіть якщо це негативно впливає на вартість доставки одиниці товару. Однак, він має свої допустимі межі: $k_{\min} \leq k_j \leq k_{\max}$. Мінімальне значення завантаженості АТЗ приймалося $k_{\min} = 1$, максимальне – $k_{\max} = 34$, що відповідає максимальній кількості транспортних пакетів на стандартних піддонах в напівпричепі-фургоні. Номінальна вантажомісткість автотранспортних засобів – ціле число, що відповідає максимальній кількості стандартних пакетів, які можна в нього завантажити. Її вибрано з ряду $k_{\min}^n \dots k_{\max}^n$, де $k_{\min}^n = 1$. При цьому фактична вантажомісткість автомобіля k_j може бути меншою, ніж номінальна. Це дає змогу довести тривалість окремих логістичних операцій до кратної такту тривалості. Тривалість навантаження АТЗ – нормоване значення, що залежить від кількості навантажених пакетів, тобто:

$$t_n = z \cdot k, \quad (2)$$

де z – норма часу для завантаження одного пакета, год.

Приймалося, що такт доставки τ_j також не обмежений вимогами споживачів. Головна умова ТТС – щоб середня інтенсивність постачання вантажів за деякий період не перевищувала інтенсивності їх споживання. А, оскільки такт доставки є значно меншим, ніж тривалість зміни, то його числове значення не впливає на якість обслуговування споживачів. З іншого боку, такт відправлення транспортних пакетів τ_i повинен бути кратним такту попередньої логістичної операції – навантаження і наступної – розвантаження, для того, щоб були відсутні затримки процесу. В окремих випадках може бути вирішено, що коли деякому g -му споживачеві, вантаж не постачається, то $\tau_g = nu$, де nu – достатньо велике число, таке, що, згідно з (1) $\mu_g \rightarrow 0$. Таким чином у цій задачі приймалося, що інтенсивність кожного вантажопотоку обмежена максимальним значенням інтенсивності його споживання, пропускнуою здатністю поста навантаження, через який він проходить, та потужністю автомобілепотоку, який його обслуговує.

У транспортному пункті може бути $i = 1 \dots p$ постів, кожен з яких характеризується різним значенням обсягу фактичного навантаження k_i , яке вибирається, виходячи з раціональної вантажності АТЗ, які заїжджають саме на цей пост – з одного боку, та тривалості навантаження t_n , яка повинна бути кратною такту τ_i з іншого. Найкраще використання автомобілів за вантажністю і за часом є тоді, коли кількість постів i відповідає ряду номінальних вантажомісткостей парку АТЗ, що обслуговує транспортний пункт. Якщо АТЗ випускають на маршрут з тактом τ_i , то, очевидно, що без затримок такий випуск здійснюватиметься, коли

$$\tau_i = t_{n,i} = z \cdot k_i, \quad (3)$$

де $k_i \approx k_i^n$ – вантажомісткість i -го АТЗ, яка наближується до свого номінального значення.

З іншого боку, $\tau_{n,i} = \tau_{m,i} = \tau_j$, або, враховуючи вирази (1) і (2): $\tau_{n,i} = k_i \cdot z = \tau_j$. Після перетворень отримаємо:

$$\mu_j = \frac{1}{z}. \quad (4)$$

Вираз (4) означає, що при сталій технології вантажних робіт інтенсивність вантажопотоків, які проходять через кожен незалежний пост повинна бути величиною сталою. Якщо ж деякі параметри ТТС відрізнятимуться від тих, що відповідають виразу (4) то виникатимуть затримки процесу доставки (рис.1).

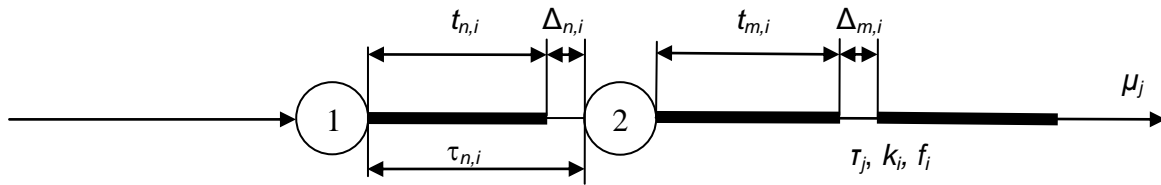


Рис. 1. Модель найпростішої малої ТТС з одним постом і одним маятниковим маршрутом авторська розробка

Як видно з моделі, на кожному етапі змін матеріального потоку можуть існувати часові затримки процесу. На етапі транспортування, оскільки тривалість цих логістичних операцій є більшою ніж їх такт, вони визначаються за виразом:

$$\Delta_{m,i} = \tau_j - \frac{t_{m,i}}{f_i}, \text{ год.}, \quad (5)$$

де f_i – фронт АТЗ на i -му маршруті – кількість автомобілів, які одночасно відправлені до j -го споживача з i -го поста. Фронт визначається як співвідношення величин:

$$f_i = \text{round} \left[\frac{t_{m,i}}{\tau_j} \right]. \quad (6)$$

Затримка (5) фактично виникатиме тоді, коли черговий завантажений транспортний засіб не зможе бути відправленим на маршрут, оскільки ще не відправлено попереднього, або ж тоді, коли він не зможе розвантажитись через зайнятість пункту кінцевої доставки вантажу попереднім автомобілем.

На етапі навантаження, якщо $f_i = 1$, то затримка визначиться:

$$\Delta_{n,i}^1 = \tau_{n,1} - t_{n,i}. \quad (7)$$

Причиною затримки (7) є нерівномірність тривалості навантаження різних транспортних засобів, які з різною кількістю пакетів k_i відправляються в рейс. У цій роботі приймалося, що затримки $\Delta_{n,i}^1$ є цілком відсутні, оскільки пости навантаження – спеціалізовані щодо обсягу навантаження на кожен автомобіль.

Якщо ж $f_i > 1$ (існує, щонайменше один пост очікування навантаження), то затримка процесу виникає внаслідок нерівномірності прибуття автомобілів в пункт навантаження, їх простоювання в черзі, і визначається за виразом:

$$\Delta_{n,i}^2 = \tau_{1-2} \cdot (f_n - 1). \quad (8)$$

Отже, критерій побудови злагодженої ТТС – найменші сумарні затримки у ній, запишемо:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_i \Delta_{n,i}^1 + \sum_i \Delta_{n,i}^2 + \sum_j \Delta_{m,j}. \quad (9)$$

Якщо на кожен фіксований j -й маршрут відправляти лише автомобілі вантажністю k_i з одного поста без черги, то такт відправлення τ_i лише за деяких значень k_i відповідатиме такту роботи АТЗ на маршруті τ_j без затримок (рис. 2).

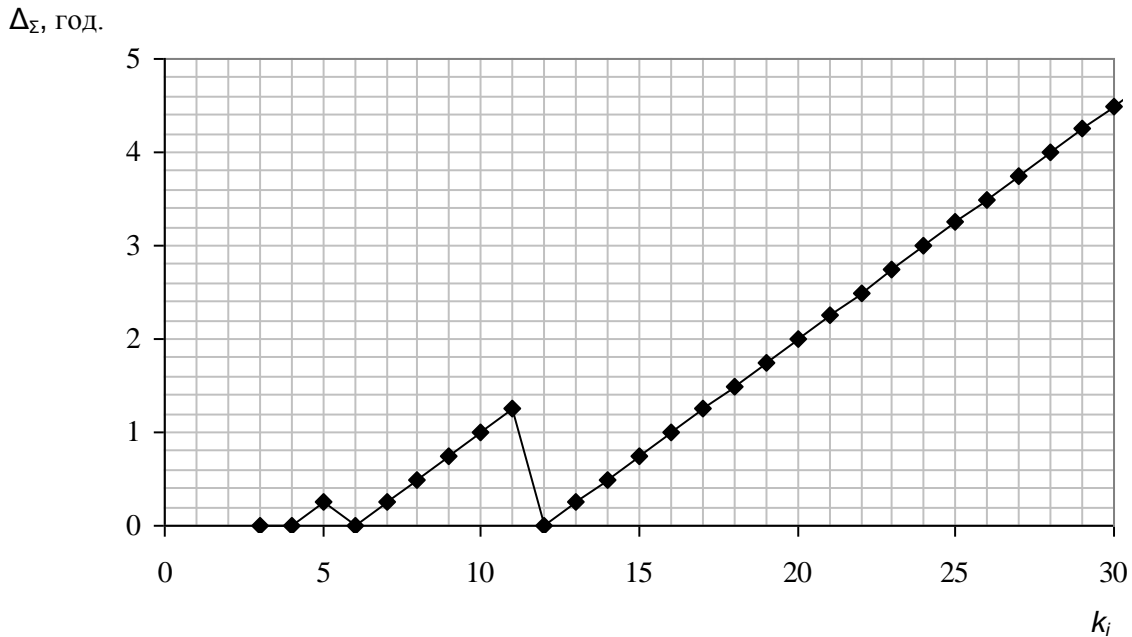


Рис. 2. Залежність сумарних затримок процесу доставки вантажів на одному маршруті через один пост навантаження за наявності АТЗ вантажомісткості k_i
авторська розробка

Саме при цих значеннях k_i витримується відношення (1) і зводяться до нуля затримки (5). Однак, це призводить до незадоволеного попиту споживачів. Адже тут висувається додаткова вимога (4). Якщо інтенсивність споживання μ_j зміниться, то за мінімумом затримок процесу споживачам доставлятиметься стільки вантажів, скільки це може забезпечити раціонально побудована ТТС. Якщо ж зорієнтуватись на повне задоволення споживача, то від цього зростатимуть затримки вантажопотоків на маршрутах. Розв'язок такої суперечності знаходимо розділенням автомобілепотоків на декілька різних за фактичною вантажністю, використанням, відповідно, декількох паралельних постів навантаження, і комбінуванням їх, залежно від зміни споживання вантажів. Комбінування передбачає можливість злиття автомобілепотоків з різною вантажністю в одному напрямку руху з необхідною інтенсивністю. Таким чином, автомобілі на кожному маршруті є об'єднані завданням доставки, а в транспортному пункті – операціями навантаження. Тому можна говорити про синтез середньої, або великої ТТС за означенням [12]. При цьому часові параметри зайнятості і простоювання автомобілів на різних маршрутах і під навантаженням є взаємозалежними. Для того, щоб показати ці зв'язки, ми застосували принцип нерозривності матеріальних потоків (вантажопотоків, автомобілепотоків) і відобразили систему з п'яти елементарних логістичних операцій: розділення, сполучення, прискорення, сповільнення, переміщення [4]. Модель обслуговування автомобілів у транспортному пункті можна відобразити графом (рис. 3), вершинами якого є доконані події (1, 2, 3 – прибуття однакових за фактичною вантажністю автомобілів в транспортний пункт на відповідний їх вантажності пост; 4, 5, 6 – навантаження автомобілів і відправлення їх на різні маршрути доставки вантажів; I, II, III – об'єднання автомобілепотоків, різних за вантажністю у пункті призначення вантажів і розвантаження), а дуги – матеріальні потоки автомобілів, вантажів. Оскільки процес є циклічним і неперервним, то кожену дугу його моделі можна оцінити кількісно трьома параметрами: тактом $\tau_{i,j}$, розміром гурту матеріальних елементів $K_{i,j}$, які переміщуються разом, фронтом $f_{i,j}$, де i – номер попередньої операції, j – номер наступної. На рис. 3 позначено параметри лише тих дуг, які заходять до вершини I. Усі інші – спрощено не показані. Також дуги мають іншу часову оцінку – дійсну тривалість елементарної логістичної операції, наприклад, $t_{m,1} \dots t_{m,j}$ – тривалість руху для j -го маршруту, або ж t_n – тривалість навантаження. На рис.3 ці тривалості показані суцільним потовщеним відрізком. Зрозуміло, вони можуть бути випадковими величинами, однак для отримання злагодженого розкладу процесу за принципом „саме вчасно”, відповідні такти мають бути величинами сталими і дорівнювати тривалостям операцій.

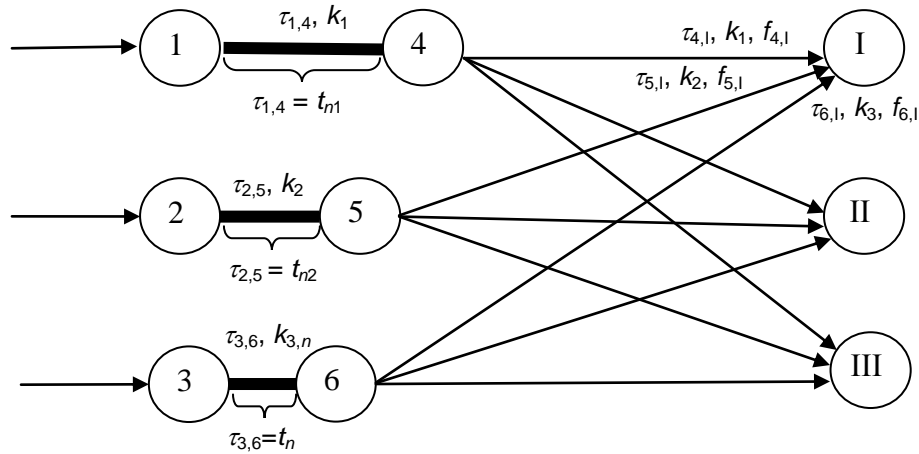


Рис. 3. Модель транспортно-технологічної схеми навантаження гурту автомобілів на трьох постах, які працюють на трьох різних маршрутах
авторська розробка

Наприклад, до споживача I відправляють АТЗ з трьома обсягами завантажень: k_1, k_2, k_3 . Для того, щоб виконувалась умова доставки (1), потрібно, щоб виконувалась умова нерозривності потоку:

$$\mu_j = \sum_{i=1}^p \frac{k_i}{\tau_{i,j}}, \quad (10)$$

де i – номер вершини, з якої відправлені автомобілепотоки (пости навантаження і розділення автомобілепотоків $i=1 \dots p$; j – номер вершини, у яку вантажопотоки скеровані.

З іншого боку поділ автомобілепотоків за напрямками відбувається з дотриманням співвідношенням параметрів:

$$\frac{1}{\tau_{x,i}} = \sum_{j=1}^M \frac{1}{\tau_{i,j}}, \quad (11)$$

де $\tau_{x,i}$ – такт роботи x -го поста навантаження; $\tau_{i,j}$ – такт відправлення АТЗ з i -го поста навантаження на j -й маршрут.

Описана задача відносно тестової моделі на рис. 3 має таке формулювання. Задано: z – норма часу навантаження одного пакета; μ_j – середня інтенсивність споживання пакетів на трьох маршрутах; t_{mj} – тривалість циклу АТЗ від навантаження до j -го споживача, й у зворотному напрямку. Знайти цілі, невід’ємні значення фактичних вантажностей АТЗ – k_1, k_2, k_3 , фронтів АТЗ – $f_{i,j}$, за яких $\Delta_\Sigma \rightarrow 0$, при виконанні умов (1), (10), (11), а також максимуму продуктивності АТЗ, що практично можливо, коли сумарний фронт АТЗ на усіх автомобілепотоках – мінімальний: $f_\Sigma \rightarrow \min$. Такт руху АТЗ на кожному маршруті підбирався таким, щоб задовольнити вираз (6). Він повинен бути таким, щоб, наблизити до нуля, з одного боку, затримки часу (5), з іншого – затримки (8). Оскільки за своїм змістом вони є суперечними, то й задача носить оптимізаційний зміст. Обмеження накладаються на числові значення k_i . В такому формулюванні задача відноситься до задач цілочислового випуклого програмування. Для її розв’язання було застосовано метод градієнтів. Програмне розв’язання забезпечено прикладними пакетами електронних таблиць Excel. Проте не для усіх числових значень початкових даних було можливим знайти розв’язки. Ті з них, що були знайдені, характеризуються різною структурою парку АТЗ, який обслуговує задані маршрути. Так, наприклад, при сумарній інтенсивності $\mu_\Sigma = 12$ пакетів/год., нормі часу для навантаження одного пакета $z = 0,25$ год., і тривалості циклів на трьох маршрутах, відповідно, $t_{m,1} = 1$ год., $t_{m,2} = 3$ год., $t_{m,3} = 5$ год. оптимальний розв’язок стосувався сумарного фронту автомобілів $f = 3$, які завантажуються до значення, відповідно, 4, 12 і 20 пакетів. При цьому працюють усі три пости навантаження. Автомобілі відправляються на усі три маршрути з однаковою середньою інтенсивністю вантажопотоків $\mu_i = 4$ пакети/год. Відрізняється робота постів тривалістю навантаження і, відповідно, тактом. Але при цьому кожен пост обслуговує автомобілепотік на один маршрут. Тобто маємо три незалежні малі ТТС. Сумарна вантажомісткість парку АТЗ, що задіяні в цих схемах – 36 пакетів. Маршрути можна оцінити сукупним коефіцієнтом нерівномірності тривалості транспортного циклу:

$$\eta_{t_0} = \frac{t_{m,\max}}{t_m}, \quad (12)$$

де $t_{m,\max}$ – максимальна тривалість циклу, год., t_m – середня тривалість циклу, год. Коефіцієнт нерівномірності тривалості циклу для вказаного випадку становить 1,67.

Якщо задати іншу тривалість циклів, де коефіцієнт нерівномірності (12) є значно більшим, наприклад, $t_{m,1}=1$ год., $t_{m,2}=2$ год., $t_{m,3}=9$ год. ($\eta_{t_0}=2,25$), то оптимальний розв'язок – це парк АТЗ, що складається з автомобілів однакової вантажності – 8 пакетів. Автомобілі при цьому навантажуються на трьох постах, а на маршрути відправляються з однаковим тактом – 2 год. Автомобілепотоки з кожного поста розділяються на два потоки і скеровуються на різні маршрути з різним тактом. Коефіцієнт нерівномірності тривалості циклів – 2,25, а сумарна вантажомісткість парку АТЗ – 144 пакети. Сумарний фронт – 5 одиниць. Таким чином оптимальна ТТС при іншому співвідношенні тривалостей циклів і сталому сумарному вантажопотоку уже стає середньою за згаданою класифікацією [12]. Отже, розмір сумарного вантажопотоку не є доцільним показником класифікації. Змінюючи властивості маршрутів, а саме тривалість циклів їх обслуговування, ми отримали залежність показника сумарної вантажомісткості парку АТЗ – k_{Σ} , які обслуговують ТТС від коефіцієнта нерівномірності (рис. 4). Як видно з діаграми, ці залежності є дискретно прямопропорційними. Це означає, що саме структура циклів є визначальною ознакою класифікації ТТС.

Для того, щоб виявити сприятливі для розв'язку задачі початкові дані, було досліджено їх вплив на оптимальний розв'язок. Так із збільшенням сумарного вантажопотоку сумарна вантажомісткість автомобілів у ТТС зростає дискретно (рис. 5). При цьому кожна неперервна ділянка (інтервал між двома точковими значеннями на діаграмі) відповідає одній незмінній схемі. Зауважимо, що шляхом комбінування різних за вантажністю автомобілепотоків вдалося забезпечити майже увесь діапазон сукупних вантажопотоків. Однак структура його за трьома напрямками при зміні сумарної інтенсивності суттєво відрізняється. Так, наприклад, при заданій інтенсивності споживання $\mu_{\Sigma} = 5$ пакетів/год. розподіл її по трьох різних маршрутах з тривалостями руху по них, відповідно, $t_{m1} = 2$ год., $t_{m2} = 3$ год., $t_{m3} = 5$ год., становив: $\mu_1=2,5$, $\mu_2=1,0$, $\mu_3=1,0$ пакетів/год. Тобто дійсна сумарна інтенсивність є меншою – $\mu_{\Sigma,0} = 4,5$ пакетів/год. А вже при $\mu_{\Sigma} = 12$ пакетів/год. розподіл змінився: $\mu_1=0$, $\mu_2=1,0$, $\mu_3=11$ пакетів/год. Відхилення дійсного від запланованого обсягу перевезень немає. Однак бачимо, що перший, найменш тривалий маршрут не обслуговується. Це можна пояснити значною відмінністю коротких транспортних циклів, яка підсилюється, коли зростають вантажопотоки і потрібно використовувати автомобілі з більшою вантажністю. Такі дослідження показали і те, що умову максимально виконати запланований обсяг перевезення при максимальній продуктивності АТЗ (мінімальній їх кількості) і без затримок часу фактично неможливо. Так, у першому випадку при $\mu_{\Sigma,0} = 4,5$ пакетів/год., використовується парк АТЗ з вантажностями 1 і 3 пакети у кількості, відповідно, 10 і 1 автомобілів. У другому, при $\mu_{\Sigma,0} = 12$ пакетів/год. – з вантажностями 1, 4, 5 пакетів у кількості, відповідно, 18, 4 і 4 одиниці. Сумарна вантажомісткість АТЗ у першому випадку становить 13 пакетів, у другому – 58 (див. рис. 4).

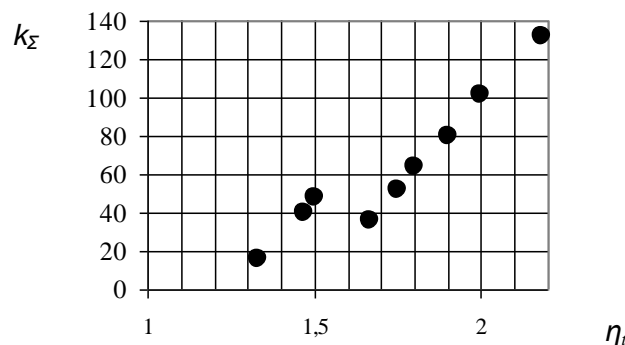


Рис. 4. Залежність сумарної вантажомісткості транспортних засобів, які обслуговують задану ТТС від коефіцієнта нерівномірності циклів, що входять до неї
авторська розробка

Якщо кількість постів навантаження, а отже – типів автомобілів за вантажністю збільшити, то обсяг незадоволеного попиту на перевезення значно скорочується. Так при трьох постах мак-

симальне відхилення заданої інтенсивності від дійсної становило 1 пакет/год. А вже при чотирьох постах – лише 0,3 пакети/год.

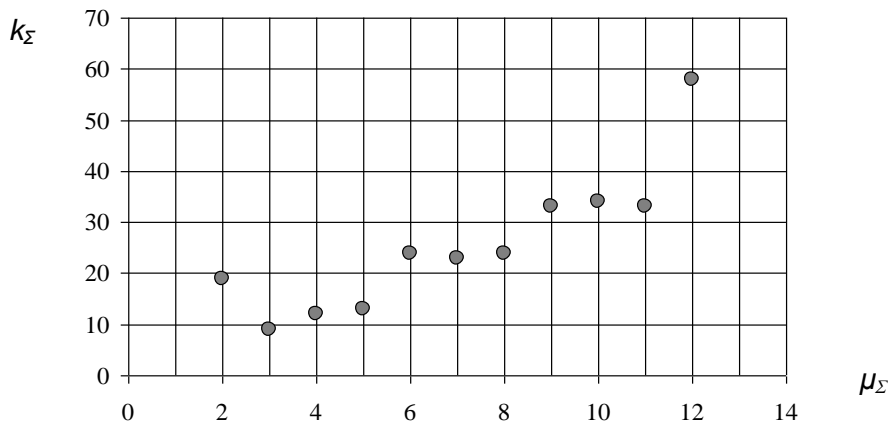


Рис.5. Залежність сумарної вантажомісткості АТЗ від сумарного вантажопотоку
авторська розробка

Також було досліджено вплив норми часу навантаження одного пакета на дійсну сумарну інтенсивність вантажопотоків (рис. 6). Як видно з діаграми, залежність є обернено-пропорційною. При значенні $z < 0,2$ розв'язок оптимізаційної задачі відсутній. При $z > 0,55$ інтенсивність вантажопотоків суттєво не змінюється. Парк автомобілів, які при цьому використовуються, характеризується мінімальною кількістю, а структура його для усього діапазону області значень $\mu_{\Sigma,0}$ залишається незмінною: використовуються три типи АТЗ з середніми фактичними вантажомісткостями, відповідно, 3, 6, 18 пакетів. Таким чином, досліджений параметричний ряд ТТС з трьома постами окреслює технологічні особливості процесу доставки вантажів у пакетах: продуктивність НРМ, вантажність АРЗ.

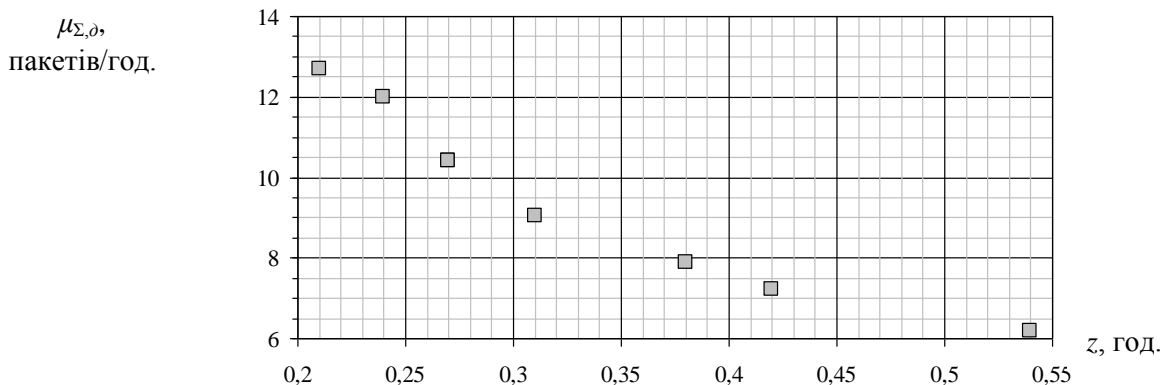


Рис. 6. Залежність дійсної сумарної середньої інтенсивності вантажопотоків від норми часу для навантаження одного пакета
авторська розробка

Висновки й перспективи подальших розвідок

Відобразивши ТТС у вигляді моделі детермінованих залежностей організаційних параметрів логістичних операцій, які утворюють ланцюги постачання пакетів, вперше вдалося розв'язати задачу побудови гарантованого оптимального розкладу роботи задіяних АРЗ і НРМ за критерієм мінімальних сумарних затримок процесу, при умові максимальної продуктивності відповідних засобів.

Критерій сумарних затримок – суперечний за своїми елементами. Підвищення інтенсивності використання АТЗ на маршрутах приводить до збільшення простоїв їх під навантаженням-розвантаженням. Тому задача побудови розкладу автомобілепотоків має оптимізаційний характер і відноситься до задач нелінійного типу. Не усі оптимальні за складом автомобілепотоків можуть забезпечити заданий попит на перевезення, що оцінюють середньою інтенсивністю. Цей недолік зменшується при зростанні кількості паралельних автомобілепотоків, які взаємодіють. Технічно це уможливується застосуванням декількох паралельних постів, що спеціалізуються на певній вантажності АТЗ.

Чим більше відрізняються параметрами маршрути, які обслуговуються комбінованими автомобілепотоками, тим більша їх вантажомісткість при сталій сумарній інтенсивності вантажопотоків. Якщо деякий маршрут має значно меншу тривалість циклу, ніж інші, то його не доцільно включати в єдину ТТС. Для покращення якості і повноти доставляння вантажів споживачам і зниження непродуктивних затримок цього процесу доцільно при збільшенні інтенсивності вантажопотоків підвищувати продуктивність НРМ з обернено пропорційною залежністю.

Виконані дослідження були обмежені розглядом одного навантажувального пункту, в якому є 1...4 пости навантаження. Використана методика детермінованих ланцюгів постачань дає змогу змодельовати ширшу транспортну мережу і отримати глобальніші розв'язки на ній.

1. Алексеев В. О. Оценка состояния транспортных систем в задачах управления движением / В. О. Алексеев, С. М. Костюченко // Автомобильный транспорт. – 2002. – вып. 9. – С. 115-117.
2. Беленький А.С. Применение моделей и методов теории расписаний в задачах оптимального планирования на грузовом транспорте / А. С. Беленький, Е. В. Левнер // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №1. – С. 3-77.
3. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут – К.: Вища школа, 1986. – 477с.
4. Вільковський С. К. Методика визначення необхідної кількості автотранспортних засобів на маятникових маршрутах / С. К. Вільковський, М. С. Олісевич, В. М. Дорош // Вісник НТУ. – 2006. – № 13, Ч. 2. – С.68-72.
5. Доля В. К. К вопросу координации совместной работы грузовых автомобилей и погрузочно-разгрузочных пунктов / В. К. Доля, А. П. Калиниченко // Вестник ХГАДТУ. – 1999. – Вып.10. – С. 61-63.
6. Житков В.А. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / В. А. Житков, К. В. Ким. – М.: Транспорт, 1982. – 184 с.
7. Карачун С. М. Метод определения структуры и численности парка автомобилей при доставке грузов на развозочно-сборочных маршрутах / С. М. Карачун, В. М. Беляев // Повышение эффективности перевозок грузов автомобильным транспортом. – М.: НИИАТ, 1982. – С. 34-37.
8. Калиниченко А. П. Повышение эффективности совместной работы грузовых автомобилей и погрузочно-разгрузочных средств: Дисс. ... к. т. н: 05.22.01 / Алексей Петрович Калиниченко – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 177 с.
9. Куниця А. В. Схема взаємозв'язку між складовими операціями процесу доставки вантажів у декартовій системі координат (на прикладі доставки автотранспортом тарно-штучних вантажів від виробництва до розподільного складу) / А. В. Куниця, В. Г. Обіщенко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2010. – №2. – С.19-25.
10. Кутах О. П. Моделирование транспортных систем / О. П. Кутах. – К.: Київ. ун-т економіки і технологій транспорту, 2004. – 196 с.
11. Нефедов Н. А. Разработка методов планирования работы автомобилей на развозочных маршрутах: автореф. дисс. ... к. т. н: 05.22.10 / Н. А. Нефедов. – Харьков, 1991. – 23 с.
12. Николин В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов / В. И. Николин. – М.: Транспорт, 1990. – 191 с.
13. Парунакян В. Э. К вопросу формирования логистических цепей в транспортно-грузовых системах металлургических предприятий / В. Э. Парунакян, Ю. В. Гусев, Е. И. Сизова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – № 16. – С. 220. – 226.
14. Танаев В. С. Теория расписаний. Многостадийные системы / В. С. Танаев, Ю. Н. Сотсков, В. А. Струсевич. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 328 с.
15. Энглези И. П. К анализу подходов, касающихся выбора рационального типа транспортного средства и оценки его применения при перевозке пакетированных тарно-штучных грузов / И. П. Энглези, А. В. Калинин // Вісн. Донец. акад. автомоб. трансп. – 2011. – № 2. – С. 17-21.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014

А.М.Онищенко, М.П. Кузьмінець, В.С.Прикладовський, О.С.Різніченко, С.Ю.Аксьонов
Національний транспортний університет
ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З АСФАЛЬТОБЕТОНУ
ЛИТОГО ГУСАСФАЛЬТ ПІДВИЩЕНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ТА КОЛІЄСТІЙКОСТІ
ДЛЯ МЕТАЛЕВОЇ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ ПІВДЕННОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ
ЧЕРЕЗ Р. ДНІПРО В М. КИЄВІ

У статті наведено розроблені теоретичні аспекти з розрахунку конструкцій дорожнього одягу з асфальтобетону литого Гусасфальт на тріщиностійкість від дії транспорту і температури по сезонам року. Проведені натурні та експериментальні дослідження асфальтобетону литого Гусасфальт дозволили обгрунтувати вибір товщини дорожнього одягу із заданою довговічністю.

Ключові слова: асфальтобетон литий «Гусасфальт»; гідроізоляція «Елімінатор»; тріщиностійкість, колієстійкість, асфальтобетонне покриття.

Рис 14. Табл 4. Літ 10

А.Н.Онищенко Н.П.Кузьминец, В.С.Прикладовский, А.С.Ризниченко, С.Ю.Аксенов
ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОНА
ЛИТОГО ГУСАСФАЛЬТ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И
КОЛЕЕСТОЙКОСТИ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНОГО
МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ Р. ДНЕПР В Г. КИЕВЕ

В статье приведены разработанные теоретические аспекты по расчету конструкций дорожной одежды из асфальтобетона литого Гусасфальт на трещиностойкость от воздействия транспорта и температуры по сезонам года. Проведенные натурные и экспериментальные исследования асфальтобетона литого Гусасфальт позволили обосновать выбор толщины дорожной одежды с заданной долговечностью

Ключевые слова: асфальтобетон литой «Гусасфальт»; гидроизоляция «Элиминатор»; трещиностойкость, колеестойкость, асфальтобетонное покрытие

A.Onishchenko, M.Kuzminets, V.Prykladovsky, O.Riznichenko, S.Aksenov
RATIONALE FOR CONSTRUCTION OF ROAD PAVEMENT OF ASPHALT CONCRETE
CAST HUSASFALT OF HIGH CRACK RESISTANCE AND RUT RESISTANCE FOR METAL
SPANS OF SOUTH BRIDGE ACROSS THE RIVER DNIEPER IN KYIV

The article presents a literary analysis that allowed developing theoretical aspects of the analysis of structures of pavement with asphalt concrete cast Husasfalt to crack from the effects of transport and temperature on the season. Conducted field research on a review of existing defect coverage and to determine the strain arising from the bridge spans and experimental studies of molten asphalt Husasfalt, including the determination of durability, tensile strength in bending, rut resistance, shear resistance and indentation depth term-rheology establish its characteristics and determine the stress road to the pavement on the bridge using the "Ansys". These studies showed that the motion of the vehicle on the bridge console pavement inertial forces acting on the fluctuations of the console, which increase the pressure axis at least 1.2 times. When comparing the results of research of rut resistance found that "Husasfalt" with a maximum particle size of 15 mm grains more resistant of rut resistance 1.3-1.4 times compared with "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 10 mm. Results indication of durability of asphalt cast "Husasfalt" showed that the durability of asphalt concrete cast "Husasfalt" with a maximum particle size of 15 mm larger grains in 1.03-1.04 times in comparison with cast asphalt "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 10 mm. These studies justify the thickness of the pavement with a given durability. These results allow us to recommend the use of asphalt concrete cast "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 15 mm in the bottom cover on the roadway South bridge, and at the top "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 10 mm.

Key words: asphalt concrete cast "Husasfalt"; waterproofing "eliminator"; crack resistance, rut resistance, asphalt pavement.

Постановка проблеми. Мостові споруди є важливою складовою транспортної мережі не тільки міст, але й цілої держави. Щорічно в Україні з'являються тисячі нових автомобілів, що призводить до зміни складу руху автомобільних потоків, збільшення вантажопідйомності та швидкості руху. В більшості Європейських країн введені обмеження щодо руху великовагових транспортних засобів по мостовим спорудам з метою забезпечення більшого терміну служби покриття і конструктивних елементів мостів, адже дорожній одяг на штучних спорудах працює в більш несприятливих умовах і відповідно до нього висувуються більші вимоги, ніж до нежорсткого дорожнього одягу. Дорожній одяг на мостових спорудах повинен бути стійкими до колієутворення при високих температурах, а також стійким до тріщиноутворення від дії

транспорту та коливання температури. У зв'язку з переліченими умовами виникає потреба в розробці і обґрунтуванні вибору конструкцій дорожніх одягів на мостових спорудах з підвищеною довговічністю при використанні якісних, нових, економічних матеріалів, що відповідають вимогам сучасних нормативних документів щодо експлуатації і проектування конструкцій дорожніх одягів.

Аналіз останніх досліджень. В Україні на автомобільних шляхах експлуатуються близько 16,1 тис. мостів і шляхопроводів. Які побудовані за нормами 1962 р. (63 %) та 1986 р. [1]. Найбільш розповсюдженим покриттям (більше 90 %) на мостах та шляхопроводах, як і на самих автомобільних дорогах є асфальтобетон. Досвід експлуатації мостів показує, що забезпечити стійку роботу захисної-зчпної системи дорожнього одягу мостів – асфальтобетонного покриття - можливо тільки при умові забезпечення спільної роботи матеріалів дорожньої конструкції, яка має різні деформативні властивості. Обстеження і аналіз конструкцій дорожнього одягу мостів свідчить, що традиційно застосовуючи склади захисних шарів асфальтобетонного покриття не в повній мірі відповідають умовам експлуатації мостів. При цьому відсутнє зчеплення асфальтобетону з епоксидно-гудронним шаром гідроізоляції, що відповідно призводить до появи різних видів деформацій: зсувів, колій, тріщин, а також до того, що термін служби дорожнього одягу не перевищує двох років.

Метою роботи є обґрунтування дорожнього одягу підвищеної тріщиностійкості та колістійкості для металеві прогону будови південного мостового переходу через р. Дніпро (далі – ПМП) за рахунок теоретичних та експериментальних досліджень.

З метою оцінки сучасного стану ПМП було проведено огляд дефектів асфальтобетонного покриття по кожній смузі руху, а також спільно з д.т.н., проф. Редченко В. П. були виконані дослідження деформацій, які виникають в прогоновій будові мосту під час руху транспорту (рис. 1.1, 1.2).

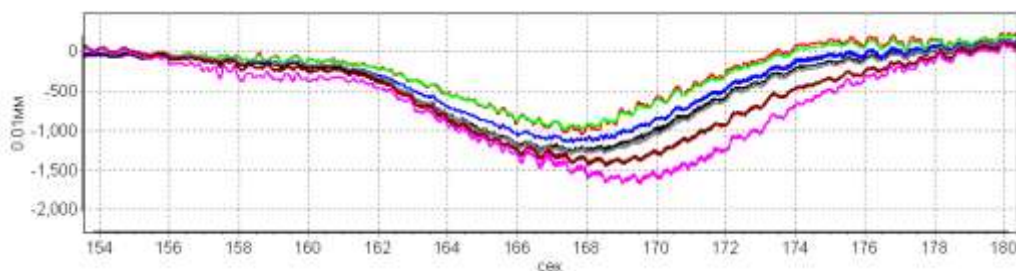


Рис. 1.1. Проїзд поїзда метрополітену, картина деформації поперечника

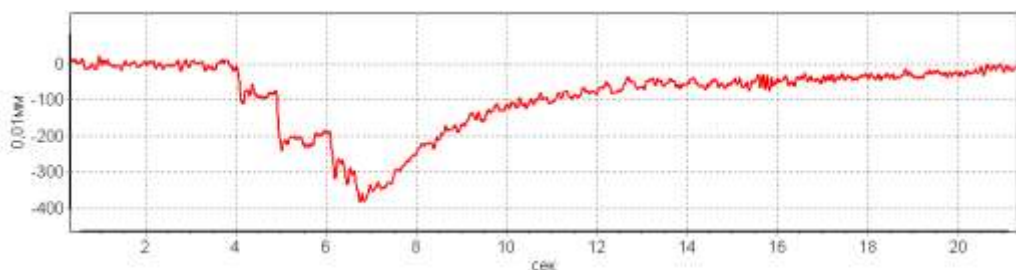


Рис. 1.2. Проїзд одиночної вантажівки (5 осей) Добре видно різке навантаження від кожної осі та поступове зменшення прогину при віддаленні вантажівки

Було встановлено, що власна частота коливань консолі близька до 7,4 Гц (за формою без викривлення фасадної лінії). Коливання консолі завантаженої автомобілем відбуваються за різними формами викривлення фасадної лінії в діапазоні частот від 4,5 Гц до 13,0 Гц. При цьому під час проїзду поїзда метро явно відбуваються підсилення амплітуд коливань консолі на частотах близьких до 8,5 Гц.

Отримані дослідження показали, що при русі транспортного засобу по консолі мостового полотна ПМП діють сили інерції від коливань консолі, які збільшують тиск осі як мінімум в 1,2 рази. Це свідчить про те, що необхідно проводити розрахунок дорожнього одягу не на вісь вагою 115 кН як згідно [2] табл. 3.1, а на вісь вагою 140 кН, а з врахуванням можливих перевантажень на вісь 150-160 кН табл. 3.2 для забезпечення необхідної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на ПМП.

Внаслідок чого були розроблені концептуальні положення з підвищення тріщиностійкості дорожнього одягу на ортотропній плиті ПМП.

Методика розрахунку асфальтобетонного покриття на мостах з підвищеною тріщиностійкістю та колістійкістю

Для оцінки температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту необхідно отримати аналітичні залежності, що дозволяють прогнозувати температурні напруження в покритті при коливанні температур в добовому та річному циклах. Крім того, оцінка температурної тріщиностійкості повинна базуватися на умові граничного стану, що прогнозує утворення температурних тріщин в покритті при дії температурних напружень. З метою вирішення цих задач в даному розділі розглядаються основні розрахункові схеми роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту при коливанні температури та встановлюються аналітичні залежності для прогнозування температурних напружень і оцінки температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття.

При виборі розрахункової схеми роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту з точки зору його температурної тріщиностійкості виходили з найбільш несприятливих для нього умов появи горизонтальних нормальних розтягуючих температурних напружень при зміні температури. Приймали до уваги дані багатьох дослідників про те, що основною причиною утворення температурних тріщин в асфальтобетонному покритті є температурні розтягуючі напруження, що виникають в результаті невірного скорочення розмірів покриття при його охолодженні. Для асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту причиною невірного скорочення його поздовжніх розмірів є різниця коефіцієнтів лінійного температурного розширення (температурного деформування) асфальтобетону ($\alpha_{аб}$) покриття та металу ($\alpha_{осн}$) ортотропної плити. Як відомо, вони відрізняються у декілька разів, причому $\alpha_{аб} > \alpha_{осн}$. Згідно з даними науковців, вважається, що так або інакше проблеми роботи асфальтобетонного покриття в зоні деформаційного шва вирішуються. В той же час одним із найбільш поширених питань на практиці є таке, коли асфальтобетонне покриття працює сумісно із ортотропною плитою мосту і між деформаційними швами та на його поверхні з'являються поперечні тріщини. Враховуючи, що на практиці можуть зустрічатись різні випадки зв'язку між асфальтобетонним покриттям і ортотропною плитою мосту, розглядається найбільш вірогідні варіанти такої роботи: - асфальтобетонне покриття за рахунок надійної адгезії жорстко зчеплене із ортотропною плитою мосту (рис. 1.3) і при зміні температури вони температурно деформуються спільно. Горизонтальні нормальні напруження від дії транспорту можуть бути представлені схемою, що наведена на рис. .1.4.

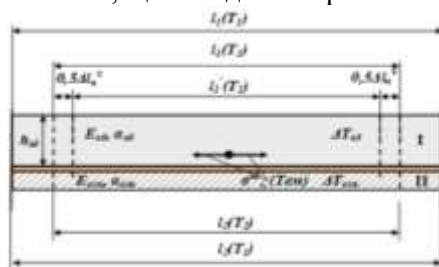


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту при зниженні температури: $h_{аб}$ – товщина асфальтобетонного покриття; $E_{аб}$, $E_{осн}$ – модуль пружності відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити мосту; $\alpha_{аб}$, $\alpha_{осн}$ – коефіцієнтів лінійного температурного розширення, відповідно асфальтобетонного покриття та металу; $\sigma_{y,r,(Tem)}(t)$ – розтягуючі напруження від дії температури; $\Delta T_{аб}$, $\Delta T_{осн}$ – середня температура відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити $l_1(T_1)$, $l_2(T_1)$ – довжина відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити до початку температурного скорочення ($l_1(T_1) = l_2(T_1)$); $l_1(T_2)$, $l_2(T_2)$ – довжина відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити після температурного скорочення ($l_1(T_2) = l_2(T_2)$); $l_1'(T_2)$ – довжина асфальтобетонного покриття, яка була б при вільному температурному скороченні

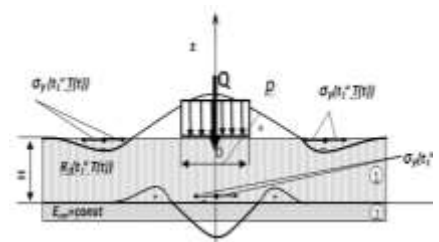


Рисунок 1.4 – Епюри горизонтальних нормальних напружень на поверхні і підшві асфальтобетонного покриття («Гусасфальту») при дії навантаження 1- асфальтобетонне покриття «Гусасфальт» (складається з двох шарів: нижнього ГА-15 товщиною від 40 до 50 мм та верхнього ГА-15 від 30 до 40 мм) та гідроізоляційний матеріал «Елімінатор»; 2 – ортотропна плита.

Знаючи приведений час та застосовуючи функцію релаксації, а також інтегральне рівняння лінійної в'язко-пружності спадкоємного типу Больцмана-Вольтера, знайдемо температурні напруження в асфальтобетонному покритті на ортотропній плиті ПМП для розробленої розрахункової схеми отримаємо

$$\sigma(t) = \int_0^t \dot{\epsilon}(\tau) R(t, \tau) d\tau, \quad (1)$$

де $\dot{\epsilon}(\tau) = k \alpha g \dot{t}$.

Нормальні розтягуючі напруження в асфальтобетонному покритті від дії транспорту можуть бути визначені використовуючи формулу:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (2)$$

Для визначення горизонтальних нормальних напружень при коливанні температури доцільно для граничного стану асфальтобетону використати критерій Бейлі [3, 4] для міри пошкодженості:

$$M_{Tem} = \int_0^{t_p} \frac{\sigma^{a_b}(t)^{b(t,T)}}{B_t(t,T)} dt \quad (3)$$

де B_t , b_t - постійні, в різній степені залежні від температури (наприклад, B_t значно сильніше залежить від температури T , ніж b_t).

Для визначення горизонтальних нормальних напружень при дії транспортного навантаження можна використати міру пошкодженості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту, від дії транспорту, що буде мати вигляд:

$$M_{TP} = \sum N_P \quad (4)$$

де K_y - коефіцієнт умови роботи, що відображає матеріалоемні, експлуатаційні та конструктивні фактори; $K_{від}$ - коефіцієнт відновлення асфальтобетонного покриття за даними робіт В.В. Смолянця та В.В.Мозгового [3, 5], що рівний 0,85; B , b - параметри функції довговічності; $[C_{TP}]$ - гранично допустиме значення міри пошкодженості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті, приймається рівним добутку коефіцієнтів: коефіцієнту довготривалої водостійкості, морозостійкості і агресивної водостійкості ($C_{TP} = K_{вд}^1 \times K_{мрз} \times K_a$); $\sum N_P$ - сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті ПМП [2].

Загальну міру пошкодженості асфальтобетонного покриття на штучних спорудах можна представити у вигляді:

$$M_{total} = M_{Tem} + M_{TP} \quad (5)$$

У даному випадку міра пошкодження від зміни напружень з урахуванням сезонних добових і річних температурних коливань, а також від дії транспортних засобів (3) визначається за наступною залежністю:

$$M_{total} = \int_0^{t_p} \frac{\sigma^{a_b}(t)^{b(t,T)}}{B_t(t,T)} dt + \sum N_P \quad (6)$$

де $n_{i(l)}$, $n_{i(o,e)}$, $n_{i(s)}$ - період сезону: літній, осінньо-весняний та зимовий відповідно; B_p , $B_{o,e}$, B_s , $b\tau_p$, (T_{em})

$b\tau_{o,e}$, $b\tau_s$ - параметри функції довговічності асфальтобетону; $\sigma^{ab} = \sigma_{l,o,e,s}^p + \sigma_{l,o,e,s}^d$ - температурні

напруження в асфальтобетонному покритті, що залежать як від річних так і добових коливань в залежності від сезону.

З урахуванням представлених залежностей пропонується визначити розрахунковий термін служби T_p (в роках) асфальтобетонного покриття, за аналітичною залежністю:

$$T_p = \frac{[M] \cdot [K] \cdot [L]}{[N] \cdot [O] \cdot [E] \cdot [S]} \cdot [T_p] \quad (7)$$

де $T_{роз}$ - проектний строк служби асфальтобетонного покриття проїзної частини мостових споруд, що становить 15 років згідно з п.7.2.5 [6].

Експериментальні дослідження. В якості дорожнього одягу на ортотропній плиті ПМП у відповідності вимог [6] необхідно застосовувати водонепроникне покриття з мастикасфальту, Гусасфальту, епоксидасфальту або інші з проектним строком служби 15 років і більше. Досліди проводились з використанням литого Гусасфальту, оскільки він найчастіше використовується в якості асфальтобетонного покриття на мостах. Для визначення стандартних фізико-механічних та розрахункових характеристик асфальтобетону литого «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм і 15 мм було запроєктовано зерновий склад суміші асфальтобетонної литої у відповідності до [7]. При виготовленні асфальтобетону литого «Гусасфальт» використовували бітум, модифікований полімером, який відповідав вимогам [8].

Були встановлені коефіцієнти температурно-часового зміщення литого асфальтобетону «Гусасфальт» (табл. 2, 3), а також параметри функції довговічності (табл. 4).

Таблиця 2

Експериментально встановлено коефіцієнти температурно-часового зміщення $\alpha_T(T)$ асфальтобетону литого «Гусасфальт» і температурної чутливості p при $Q=20^\circ\text{C}$

Позначення складу	$\ln \alpha_T(T)$ при (v °C)					p , град ⁻¹
	45	30	10	0	-10	
Гусасфальт -15	6,25	2,5	-2,5	-5	-7,5	0,25
Гусасфальт -10	6,0	2,4	-2,4	-4,8	-7,2	0,24

Таблиця 3

Термореологічні характеристики асфальтобетону литого

Позначення складу	Параметри функції температурно-часового зсуву		Параметри функції релаксації			
	T_s , °C	P , град ⁻¹	H , МПа	B , МПа	r , с	m
Гусасфальт -15	20	0,25	31	30800	$0,6 \cdot 10^{-5}$	0,35
Гусасфальт -10	20	0,24	29	29985	$0,6 \cdot 10^{-5}$	0,35

Таблиця 4

Визначення показника довговічності асфальтобетону литого «Гусасфальт»

Показники функції довговічності		m	Температура, °C	Асфальтобетон литий
b	B			
2,67	3,076	0,37	20 °C	ЛАБ-10
2,78	3,195	0,36	20 °C	ЛАБ-15
5,20	6,351	0,19	0 °C	ЛАБ-10
5,38	6,451	0,19	0 °C	ЛАБ-15

Для визначення розрахункового опору розтягу при вигині, скористаємося отриманими результати границі міцності на розтяг при вигині асфальтобетону литого «Гусасфальт» наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Визначення міцності на розтяг при згині асфальтобетонних зразків - балочок

Шифр	T, °C	V, мм/хв	l, см	R зг., МПа Середнє значення	Сер. квадратичне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації, Кв%
ГА-10	20	128	12	4,87	0,26	5,38
		100	14	4,43	0,70	15,84
	0	128	12	15,22	0,77	5,07
		100	14	14,97	0,43	2,88
ГА-15	20	128	12	6,10	0,62	10,21
		100	14	4,76	0,41	8,63
	0	128	12	15,38	1,29	8,39
		100	14	16,07	1,30	8,09

Дані результати показують суттєву зміну границі міцності на розтяг при згині «Гусасфальт» від швидкості випробувань і температури. Така асфальтобетон литий «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм при температурі 20 °C та 0 °C і швидкості випробування 128 мм/хв та 100 мм/хв. більша міцність на розтяг при згині в 1,1-1,25 рази у порівнянні з «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм, а «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм при температурі 0 °C і швидкості випробування 128 мм/хв та 100 мм/хв. більша міцність на розтяг при згині в 1,1-1,25 рази у порівнянні з «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Результати показника довговічності асфальтобетону литого «Гусасфальт» (табл. 6) показали, що довговічність в асфальтобетоні литому «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм більший в 1,03-1,04 рази у порівнянні з асфальтобетоном литим «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Проведені випробування по визначенню глибини вдавлювання штамп, відповідно до [8], на зразках-кубах розміром 7,07×7,07×7,07 (см), вдавлювання штамп площею 5 см² за температури 40 °C після 30 хв, 60 хв дії навантаження 525 Н показав, що асфальтобетон литий «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм та 10 відповідає вимогам згідно [8, 9]. Отримані результати показали, що «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм більш стійкий до вдавлювання штамп в 1,2 рази у порівнянні з Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

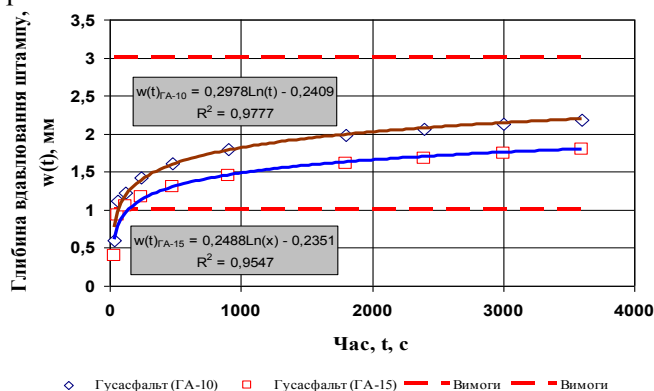


Рисунок 1.5. Залежність глибини вдавлювання штамп в асфальтобетоні литому «Гусасфальт» від часу дії навантаження.

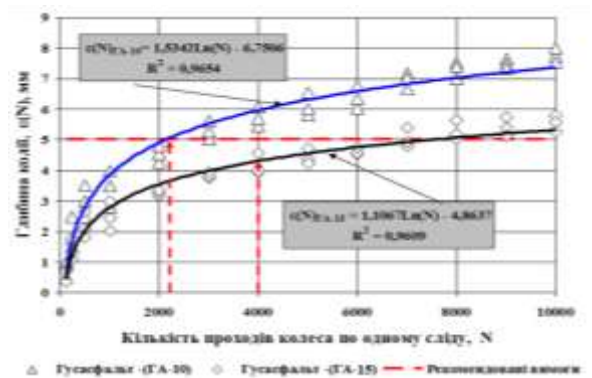


Рисунок 1.6. Залежність глибини колії асфальтобетону литого «Гусасфальт» від кількості проходів огубленого колеса по одному сліду

В той же час, аналіз отриманих результатів глибини колії асфальтобетону литого «Гусасфальт» перевіряли відповідність вимогам (рис. 1.6). Так наприклад «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм (ГА-15), після двох тисяч проходів колеса глибина колії від

нормативного значення 5 мм менше на 0,65 рази для «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм (ГА-10) менше на 0,91 рази, після чотирьох тисяч для ГА-15 менше на 0,83 рази, а для ГА-10 більше 1,2 рази, після шести тисяч для ГА-15 менше на 0,92 рази, а для ГА-10 більше 1,28 рази, після восьми тисяч для ГА-15 більше на 1,1 рази, а для ГА-10 більше 1,46 рази, після десяти тисяч для ГА-15 більше на 1,11 рази, а для ГА-10 більше 1,55 рази. Результати показали, що «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм відповідає нормативним вимогам після проходу колеса по одному сліду 4000 тисячі. Порівняння результатів показали, що «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм більш стійкий до колієутворення в 1,3-1,4 рази у порівнянні з Гусасфальт з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Отримані результати дозволяють нам рекомендувати застосування асфальтобетону литого «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм в низу покриття на проїзній частині Південного мостового переходу, а у верху «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Для комплексного дослідження характеристик литого асфальтобетону «Гусасфальт», були виконані випробування по визначенню міцності зчеплення між асфальтобетоном литим «Гусасфальт» з гідроізоляцією та основою при зсуві (рис. 1.7, 1.8), деякі з результатів випробувань представлені в табл. 5.



Рис. 1.7. Зразки-композити термостатуються в сушильній шафі при температурі 50 °С



Рис. 1.8. Перевірка міцності зчеплення між Гусасфальтом і гідроізоляцією «Елімінатор», яка знаходиться на металевому диску

Таблиця 6

Розрахункове граничне напруження при зсуві

Напруження на контакті шарів при гальмуванні	Параметри режиму випробувань		Зсувне дотичне зусилля, кгс			Коефіцієнт тертя, f	Питоме зчеплення С, МПа	Розрахункове дотичне напруження, МПа для розрахункових автомобілів /коэф. запасу			Примітка
	Тиск на зразок σ , МПа	Швидкість ходу плити пресу, мм/хв	Середнє значення, $T_{(ср)}$	Коефіцієнт варіації, Кв, %	Експериментальне значення дотичного напруження $T_{(МПа)}$			А1	А2	Б	
повільному	0,3	3	503	10,20	0,30	0,61	0,12	<u>0,61</u>	<u>0,48</u>	<u>0,42</u>	Асфальтобетон литий Гусасфальт ГА-15+гідроізоляція Елімінатор+металева основа
	0,7		909	8,93	0,54			1,36	1,50	1,68	
екстремальному	0,3	100	697	8,77	0,42	0,74	0,20	<u>0,79</u>	<u>0,64</u>	<u>0,56</u>	
	0,7		1190	12,55	0,71			1,41	1,52	1,60	

Із отриманих даних (табл. 6) видно, що коефіцієнти запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві між асфальтобетоном литим «Гусасфальт» ГА-15 і гідроізоляцією «Елімінатор» та металевою основою складають для розрахункових автомобілів групи А1 від 1,31 (1,30), для розрахункових автомобілів групи А2 – від 1,47 (1,54), для розрахункових автомобілів групи Б – від 1,60 (1,78), значення коефіцієнтів запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві в дужках відповідають випробуванням при екстремальному гальмуванні, а в не дужках при повільному гальмуванні відповідно до [10].

Результати експериментального та розрахункового визначення граничних температурних напружень та часу до руйнування зразків литого асфальтобетону після десяти циклів охолодження наведені в табл. 7. Вони свідчать, що результати експериментальних випробувань підтверджують теоретичні розрахунки.

Таблиця 7

Результати дослідження тріщиностійкості асфальтобетону литого Гусасфальт ГА - 15

Кількість циклів	Час до руйнування експер., $t_p^{експ}$, с	Граничне напруження експер., $\sigma^{експ}$, (при $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V\sigma=0,039\text{ МПа/с}$), МПа	Час до руйнування теор. t_p^m , с	Граничне напруження теор., $\sigma^{теор}$, (при $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V\sigma=0,039\text{ МПа/с}$), МПа	δ_{σ} , %
0	108	4,227	103	4,409	4,13
10	2497,2	3,804	2493,322	3,950	3,69

Із даних результатів (табл. 7) випливає, що вплив попередньо створених температурних напружень при десяти циклах охолодження – нагрівання на зменшення механічної втоми асфальтобетону литого показав, що міцність його зменшилась в 1,1 рази. Це свідчить про те, що асфальтобетон литий «Гусасфальт» володіє високою еластичністю (деформативністю) при низьких температурах, це дозволяє йому не пошкоджувати свою структуру при коливанні температур. Тому ці результати, ще раз підтверджують про доцільність застосування асфальтобетону литого «Гусасфальт» на ортотропній плиті ПМП. Отримані результати свідчать, що теоретичні розрахунки задовільно узгоджуються з експериментальними даними. Це вказує на можливість застосування аналогічних залежностей, отриманих на основі положень кінетичної теорії міцності твердих тіл для розрахунку на тріщиностійкість асфальтобетонного покриття «Гусасфальт» на ПМП.

Оцінка впливу транспортних засобів на дорожнє покриття ПМП

Застосування чисельного моделювання обумовлюється тим, що схеми навантаження ускладнюються і потребують просторового вирішення задачі з метою підвищення якості проектування покриття мостового переходу. Тривимірне моделювання має за основну мету усунути недоліки дослідження силового навантаження та міцнісних характеристик покриття під навантаженням від транспорту у плоскій постановці. Це дає можливість більш об'єктивно оцінити ефективність взаємодії ходового обладнання транспорту з покриттям мостового переходу з огляду на мінімальну зміну покриття.

Для цього широко застосовують інженерно-розрахункові комплекси типу Ansys, SolidWorks, Inventor та ін., які дозволяють, використовувати встановлені особливості поведінки покриття під навантаженням.

Використання таких комплексів дозволяє зменшити терміни виконання технічних розрахункових операцій суттєво скоротити термін отримання результатів досліджень та строки проектування. Крім кількісних показників, використання таких комплексів дозволяє отримати візуально якісну картину отриманих результатів.

Модель частини мостового переходу виконана в середовищі Mechanical Desktop.

На покриття мостового переходу діє тиск P від коліс транспортних засобів, що рухаються в три ряди по мостовому переходу. Тиск P рівномірно по відбитку контакту. Відстань між колесами прийнята 2100 мм. Покриття розглядається при виконанні розрахунків як пружне тіло та статично не визначена конструкція мостового переходу.

В якості змінних факторів, які на нашу думку чинитимуть найбільш суттєвий вплив на зміну напруженого стану покриття (розтягуючи напружень), при інших незмінних умовах, прийнято наступні: X_1 – товщина покриття, h , мм; X_2 – тиск від транспортних засобів на покриття, P , МПа; X_3 – модуль пружності покриття, E , МПа; X_4 – діаметр відбитку контакту, D , мм.

Рівні змінних факторів та інтервали їх варіювання вибрані на основі аналізу типів покриття, його властивостей, навантажень та відбитку контакту від транспортних засобів/

При зміні значень будь яких вихідних факторів є можливість отримання функціональної залежності напружень в характерних точках від зміни цього фактору. Визначення напруженого стану в точках масиву покриття від зміни декількох факторів потребує проведення факторних експериментів з об'єктивним вибором комбінацій значень необхідних параметрів. У результаті можна отримати математичну модель (ММ) напружень в характерних точках ґрунтового масиву від зміни виду зовнішніх факторів.

Типовий приклад результату розподілу полів деформацій частині мостового переходу, при навантаженні його ходовим обладнанням транспорту наведено на рис. 1.9.

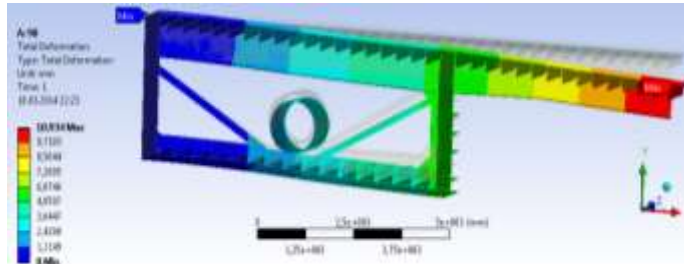


Рис. 1.9 . Поля деформацій мостового переходу від дії транспорту

На основі отриманих результатів можна зробити висновок про те, що максимальні поля деформацій розповсюджуються в консольній частині споруди. Максимальні деформації складають 10,9 мм. Такі результати збігаються з даними, що отримані у результаті експериментальної перевірки деформацій у консольній частині моста від дії транспорту. Отримані дані складають 10мм. Різниця не перевищує 9%, що може свідчити про достатньо високу збіжність результатів отриманих експериментально та на моделі.

Аналіз ступеню впливу вихідних факторів $X_1...X_4$ та їх комбінацій на зміну значень нормальних розтягуючих напружень по осі OX в верхньому шарі покриття дозволяє зробити висновки про те, що серйозний вплив чинять: зменшення товщини покриття та модуля пружності покриття, а також зростання тиску від транспортних засобів та діаметра відбитку контакту.

Нашим завданням стоїть визначити раціональні значення товщини покриття, аби значення нормальних розтягуючих напружень по осі OX в верхньому шарі покриття були допустимими так мінімальними.

За результатами виконаних чисельних досліджень наведемо графічні залежності зміни нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h . На рис. 1.10. побудовано залежність приведено зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h при тиску на покриття 0,8 МПа, та діаметрі контакту 300 мм.

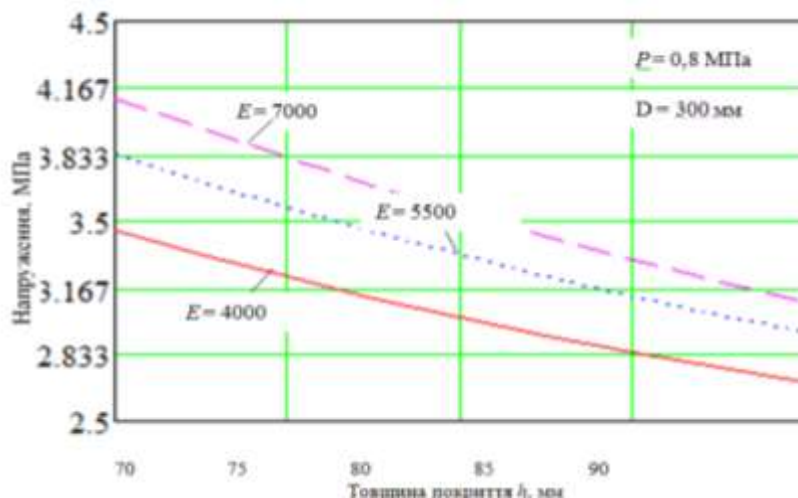


Рис. 1.10. Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h

Аналіз таких залежностей підтверджує прогноз про те, що збільшення товщини шару покриття призводить до зменшення розтягуючи напружень в ньому (рис. 1.11), вплив товщини

покриття і модуля пружності матеріалу, а також тиску на покриття і діаметру штампу на нормальні розтягуючі напруження представлено на рис. 1.12 – 1.13.

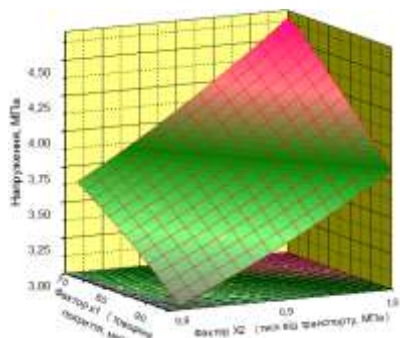


Рисунок 1.11 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h та тиску транспорту на поверхню

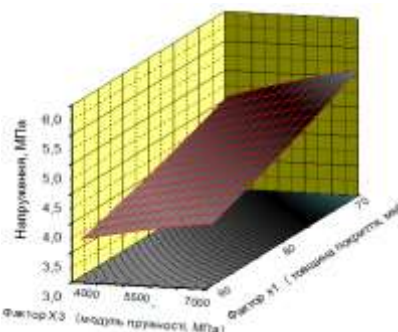


Рисунок 1.12 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини покриття та модуля пружності матеріалу

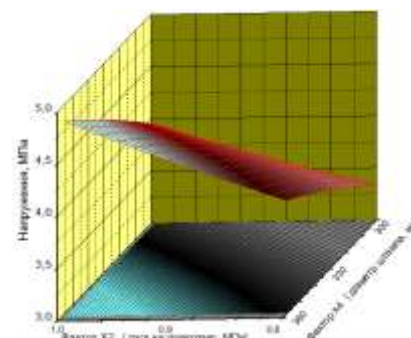


Рисунок 1.13 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні тиску на покриття та діаметра штампа

Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що найменші значення розтягуючих напружень в покритті буде спостерігатись при товщині покриття 90 мм та діаметрі штампа 300 мм. При цьому напруження в покритті не перевищуватимуть 3,7 МПа.

У відповідності до розрахунків та експериментальних досліджень можна рекомендувати варіанти товщини асфальтобетонного покриття литого системи «Гусасфальт» та гідроізоляції «Елімінатор» для застосування на Південному мостовому переході відповідно до рисунку 1.14, наведено в таблиці 7.

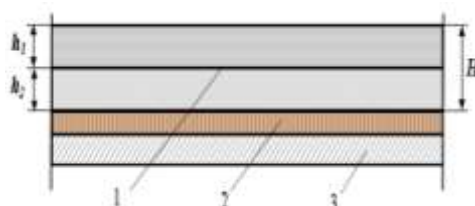


Рис. 1.14. Схема асфальтобетонного покриття: 1 – шари литого асфальтобетону «Гусасфальт»; 2- мембрана Eliminator ®; 3 – ортотропна плита; h_1 – товщина верхнього шару покриття; h_2 – товщина нижнього шару покриття; H – товщина литого асфальтобетонного покриття «Гусасфальт».

Таблиця 7

Рекомендовані товщини покриття з «Гусасфальта»

Загальна товщина покриття з «Гусасфальта», H , мм	Товщина нижнього шару ГА-15 h_1 , мм	Товщина нижнього шару ГА-10 h_2 , мм	Розрахунковий експлуатаційний термін служби покриття, t^* років	
			При розрахунковому тиску	
			0,8 МПа	1,0 МПа
70	40	30	18,9	16,0
80	40	40	25,2	18,9
90	50	40	30,0	21,4

Висновки. Встановлено існуючі деформації, які виникають на ПМП, здійснено моделювання напружено-деформативного стану конструкції проїзної частини мосту за допомогою відповідних програм. Розроблено і обґрунтовано вибір конструкції асфальтобетонного покриття на мостах з використанням Гусасфальту різної гранулометрії, визначені його фізико-механічні характеристики, встановлено, що зі збільшенням товщини дорожнього одягу термін експлуатації асфальтобетонного покриття на мостах суттєво підвищується.

1. Коваль П. М. Характеристика технічного стану існуючих мостів України // Дороги і мости. Збірник наукових статей. Вип.1. – Київ, 2003. – с.15 – 22.
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
3. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.
4. Іщенко О.М. Розробка методики розрахунку на температурну тріщиностійкість асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11 – К., 2003.– 136 с.
5. Смолянець В. В. Дослідження тріщиностійкості асфальтобетонних шарів міських вулиць і доріг // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2004, випуск№70. – Київ, Національний транспортний університет. – С. 22-31.
6. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування
7. ТУ У В.2.7-23.9-37566239-001:2012. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон литі “Гусасфальт”
8. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови
9. СОУ 42.1-37641918-106:2013. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон литі. Технічні умови.
10. СОУ 45.2-00018112-046:2009. Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014

УДК 656.225.078.111

В.П.Онищук

Луцький національний технічний університет

**ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ І ЗАСОБИ У ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ
ВАНТАЖІВ**

У даній статті розглядаються типи сучасних можливостей застосування технологій в транспортуванні небезпечних вантажів. Слід зазначити, що рішення для транспортування технологічних проблем на основі вдосконалення технологічного забезпечення, раціонального використання інформаційної методології моделювання всього процесу транспортування. Відстеження і системи геолокації відіграють велику роль у транспортуванні небезпечних вантажів.

Ключові слова: небезпечно вантажні, безпека, транспорт, вимоги до транспортування.

В.П.Оныщук

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА В ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

В данной статье рассматриваются типы современных возможностей применения технологии в транспортировке опасных грузов. Следует отметить, что решение для транспортировки технологических проблем на основе совершенствования технологического обеспечения, рационального использования информационной методологии моделирования всего процесса транспортировки. Отслеживание и системы геолокации играют большую роль в транспортировке опасных грузов.

Ключевые слова: опасно грузовые, безопасность, транспорт, требования к транспортировке.

V.Onyshchuk

**ADVANCED TECHNOLOGY AND TOOLS IN THE TRANSPORT OF DANGEROUS
CARGO**

This article discusses the types of opportunities to use modern technology in the transportation of dangerous goods. It should be noted that the decision to transport the technological problems through improved technological support, management of information modeling methodology for the whole process of transportation. Tracking and geolocation systems play an important role in the transport of dangerous goods.

Keywords: dangerous cargo, security, transport, transportation requirements.

Вступ. Транспортування небезпечних вантажів є одним з найскладніших сферах транспорту і той, який вимагає найбільше заходів щодо забезпечення безпеки.

У повсякденному житті з точки зору безпеки дорожнього руху, транспортного засобу, який перевозить небезпечний вантаж, обробляється так само, як і будь-який інший транспортний засіб. Будь-які конкретні вимоги безпеки не вироблені. Тим не менше після дорожньо-транспортної пригоди із автомобілем, що перевозить небезпечний вантаж існує небезпека потрапляння його в навколишнє середовище.

Інформаційні технології дають нам нові можливості в організації транспортування небезпечних вантажів, отримувати відомості про місце фізичного розташування транспортних засобів. Інтернет може бути використаний для реєстрації електронних даних транспортних засобів і вантажів.

Необхідність оперативного аналізу транспортних систем заснована на глобалізації та інтеграційних процесах. Необхідно покращити існуючі європейські транспортні послуги та впровадження передового досвіду, виявити недоліки.

Вимоги безпеки для транспортування небезпечних вантажів. Важливими є наступні вимоги безпеки до перевезення небезпечних вантажів:

– межа перевезення через тунелі;

– маршрути повинні бути обрані відповідно до ситуації, тому що є деякі дороги, де транспорт, не маючи спеціального дозволу, не може перевозити небезпечні вантажі; якщо дороги не пристосовані для перевезення небезпечних вантажів. Небезпечні вантажні не повинно перевозитися близько до житлових районів;

– погані погодні умови: при поганій видимості на дорогах, йде дощ, сніг або туман, перевезення небезпечних вантажів має бути заборонено. Погані погодні умови, коли видимість становить менше 200 метрів. Деякі небезпечні матеріали не повинні перевозитися, коли дороги слизькі.

– пором: повинні бути спеціальні вимоги до перевезення за допомогою поромів. Відповідні вимоги переправа повинна застосовуватися для всіх засобів транспорту, який здійснює

©**В.П.Онищук**

небезпечний вантаж. У деяких випадках переправа небезпечних вантажів повинна бути заборонена [1].

Ефективне і безпечно перевезення небезпечних вантажів можна забезпечити лише шляхом ефективного надання інформації. Необхідно створити інформаційну систему перевезень небезпечних вантажів на основі бази даних правил такого вантажоперевезень.

Інформаційна система перевезення небезпечних вантажів повинен бути заснована на ADR і RID, тому що вони мають:

- набір засобів , які дозволяють користувачам маніпулювати правилами перевезення небезпечних вантажів;
- методологічну базу для більш безпечного і більш досконалого перевезення небезпечних вантажів;
- єдину програму, що регулює перевезення небезпечних вантажів, проорокуючи юридичних і технологічних основ небезпечних вантажів транспортуванні.

Кожні два роки готується комп'ютерний варіант правил для міжнародних перевезень небезпечних вантажів по дорогах (ADR) і залізниці (RID), вимоги регулювання для перевезення небезпечних вантажів міжнародними дорогами, обладнання для перевезення всередині країни, вимоги до контролю небезпечних вантажоперевезень для інспекторів, відповідно до директив ЄС та нормативних документів. Ця робота дозволяє поліпшити процес транспортування і створити інформаційну систему. Вона описує необхідність створення методологічних основ для більш безпечного і більш досконалого транспортування небезпечних вантажів.

Моделювання формального набору даних структури. Набір даних структури перевезення небезпечних вантажів розділені з урахуванням особливостей своїх технологій обробки даних, намагаючись зробити збережені дані ближче до кінцевого користувача. Вважається, що основним користувачем інформаційної системи є учасником перевезень небезпечних вантажів.

При сортуванні даних за різними критеріями, особливо розташування цих критеріїв в певному напрямку дозволяє розвивати відповідно транспортної технології. Суть проекту залежить від цього напрямку. При зміні порядку розташування ми отримуємо нові проекти транспортних технологій. Дані можуть бути додані, частина даних може бути змінена і частина з них можуть бути видалені. Це може бути зроблено без зміни сутності формальної системи.

Положення про перевезення небезпечних вантажів повинні бути змодельовані таким чином , щоб у них не буде ніяких виключень і згадування інших нормативних актів. Перевезення вантажів та формулюванні правил в галузі умов в базі даних повинні бути відокремлені від умовності зміни програмного забезпечення.

При моделюванні структури правил небезпечних вантажних перевезень і проектування інформаційної системи перевезення небезпечних вантажів, можна виділити три принципи:

- принцип складності;
- принцип декомпозиції ;
- принцип ієрархії.

Суть проектування за принципом складності: при проектуванні системи перевезення небезпечних вантажів, важливо проаналізувати, оцінити і зберегти найбільш важливі відносини, як в діючому об'єкті так і в системі, також між зовнішньою і внутрішньою інформаційною системою. Складність допомагає оцінити припущення, умови і взаємодію різних елементів більш всебічно і ретельно. Цей принцип також допомагає визначити фактори, які впливають на якість і ефективність системи, а також шукати найбільш ефективні рішення.

Принцип декомпозиції також важливий в проектуванні структури інформаційної системи. Він описує поділ цілого на частини, прагнучи аналізувати, оцінки та прогнозування кожного з них без посилання на інших. База даних небезпечних вантажоперевезень поділяється (структурується) відповідно з вимогами своїх технологій обробки даних, але логічний об'єкт і значущі зв'язки між розділеними частинами повинні залишатися неушкодженими.

Структурування та аналіз правил небезпечних вантажних перевезень і бази даних інформаційної системи залежно від ступеня конкретності визначається принципом ієрархії.

Деякі методи можуть бути використані для реструктуризації та моделювання міжнародних правил, що стосуються перевезення небезпечних вантажів. Всі вони пов'язані з методом горизонтальної або вертикальної ієрархії. Її суть: на найвищому рівні ієрархії, ідентифікаційний номер небезпечного вантажу , що надається ООН та назва небезпечного матеріалу. Ці записи слід розглядати не тільки як початок ієрархії, але і в якості основного об'єкта.

Нові технології розташування та контролю небезпечних вантажів і транспортних засобів. При вирішенні проблем, пов'язаних з транспортними засобами і перевезення небезпечних вантажів, завжди слід знати точне місце розташування транспортного засобу та вантажу, що перевозиться, а також місць завантаження-розвантаження та отримання. Має бути також вивчена інформація про минулу роботу на конкретних маршрутах. Це може дозволити ефективно управляти всіма транспортними засобами, а також, щоб уникнути пожежі, вибухів небезпечних вантажів або інших нещасних випадків. Інформація про будь-які відхилення від маршруту та інші пов'язані з цим дані повинні бути записані. [2]

Бурхливий розвиток геоінформаційних технологій має вплив на розвиток системи телематики. Існує безліч систем, які допомагають водію і кінцевому клієнту таких перевезень.

Транспортна телематика складається з наступних аспектів:

- передача інформації від і до автомобіля (телекомунікації);
- обробка інформації (інформаційна технологія);
- використання інформації для безпечного транспортування та використання ефективного використання вже існуючих технологічних рішень.

Такі технології, як навігатори, мережа Інтернет, мобільні мережі – лише кілька прикладів використання телематики на автомобільному транспорті [6].

Мобільна позиціонування характеризується двома аспектами: мобільність і можливість передачі інформації.

Мобільні сервіси позиціонування надають інформацію про місцезнаходження мобільного терміналу. Кінцевий користувач або інша людина може переносити термінал, або він може бути прикріплений до вантажу. Бездротове підключення до мережі, як правило, на основі GSM чи CDMA або бездротового зв'язку. Мережа на основі технологій мобільного та супутникового позиціонування можуть визначити місце розташування терміналу. Найбільш відповідна технологія залежить від програми, навколишнього середовища і можливостей мереж зв'язку. Оскільки сектор послуг мобільного розташування постійно розвивається, термінологія змінюється, постійно з'являються нові послуги, які дозволяють більш точно визначити місце об'єкту.

Стандарти систем позиціонування. Автомобільний транспорт підтримується такими телепатичними системами як:

- обладнання моніторингу трафіку (датчики, детектори, відеодетектори), пристрої телевізійного спостереження (камери);
- системи супутникової навігації (GPS, ГЛОНАСС, EGNOS, GALILEO);
- похідні системи, що використовуються в навігації;
- системи радіозв'язку;
- ГІС-технології;
- дорожні дані;
- електронні карти;
- моніторинг погоди і вимірювальні системи та інші.

GPS добре відомий як глобальної навігаційної супутникової системи. Аналогічними є системи – в Росії ГЛОНАСС і система GALILEO підготовлена Європейською Комісією і Європейським космічним агентством. GPS є основою нинішніх навігаційних систем. Насправді, GPS є єдиною в повній мірі глобальною системою супутникового позиціонування у світі. [5]

GALILEO буде самостійно глобальною супутниковою навігаційною системою у Європі, забезпечуючи високу точність, гарантоване обслуговування глобального позиціонування під цивільним контролем. Вона буде взаємодіяти з GPS і ГЛОНАСС, двома іншими глобальними супутниковими навігаційними системами. Користувач зможе зайняти позицію з тим же приймачем у зоні покриття будь-якого із супутників в будь-якій комбінації. За допомогою систем GALILEO, SBAS, EGNOS, Thales Navigation і т.д. об'єкти положення можна оцінити з необхідною точністю. Це дуже важливо, коли ми хочемо відслідковувати вантажівку, положення якої постійно змінюється на цифровій карті.

Транспортні засоби та мобільні системи позиціонування вантажів. Супутникові системи позиціонування широко використовуються в світі, що дозволяє вказувати визначати позицію об'єктів, які оснащені обладнанням позиціонування, з необхідною точністю. Для точність і швидкість оцінки географічного положення дуже важливо, якщо ми хочемо відстежувати об'єкт, який швидко змінює своє положення (наприклад автомобіль, корабель чи літак) на цифровій карті, особливо при транспортуванні небезпечних вантажів будь-яким видом транспорту. Один із

способів визначення географічного положення об'єкта є використання системи глобального позиціонування (GPS). [9]

Основними факторами, що обмежують поширення ГС є залежність від максимальних комп'ютерних ресурсів та що система повільно поширюється у порівнянні з іншими програмами, так як це дорогий продукт.

Проект системи Galileo буде дуже корисний [8]. Інформаційні технології DHLNET в основному використовуються для розподілу і відстеження вантажів повітряного транспорту, які не адаптовані для наземного транспорту.

Засобу стеження і контролю за вантажами та транспортом. Для передачі узгодженої позиції географічних об'єктів, для відстеження вантажів і транспортних засобів, використовуються контрольні та системи стеження:

– "MOBISAFE" – контроль завантаження транспортного засобу і система відеонагляду. Використовується GSM.

– "EUTELTRACS" – інтегрована супутникова система, яка дозволяє контролювати транспорт і завантаження. Використовується тільки EUTELSAT супутниковий зв'язок.

– "SEKLYS" – контроль рухомих об'єктів і служба відеонагляду. Використовується GSM.

– "NAVISAT" – система управління транспортом. Використовується GSM.

– "AutoGuard" – контроль за транспортним засобом і системи безпеки. Використовується GSM.

– " SAT TRAC " – система стеження за транспортним засобом через супутник та інші.

Для досягнення інтеграції транспортної системи України в економічне співтовариство європейських та інших країн у найкоротший термін, повинна бути створена ефективна транспортна система з інформаційною інфраструктурою, яка сприймається, скоріше, як формування оперативної обстановки для конкретних корпоративних інформаційних систем, ніж розвиток єдиної величезної автоматизованої інформаційної системи. Українські інформаційні системи на транспорті повинні бути оновлені, і їх сумісність з аналогічними системами в сусідніх країнах має бути забезпечена.

Транспортним проблемам Європейський Союз приділяє велику увагу, в стратегічній директиві «Безпека – спільна система для автомобільного транспорту», яка була реалізована протягом декількох років, підкреслює роль транспортної ефективності, безпеки, надійності і комфорту у вирішенні цих проблем. В даний час критерії, що уможливають створення спільних систем для автомобільного транспорту, мають першочергове значення. Ґрунтуючись на них, такі завдання можуть бути визначені для майбутніх проектів:

– розробка систем управління для транспорту для ефективного використання наявної інфраструктури;

– перевірка архітектури відкритих інтерактивних і змінних масштабованих систем; розробляти і здійснювати відкриті інтерактивні та змінні масштабовані системи, створенням умов для ефективного використання сучасних датчиків і їх інтеграції у програмне забезпечення;

– протестувати і впровадити відкриті інтерактивні та системи змінного масштабу, використовуючи технології та датчики позиціонування, і інтегрувати їх в інтелектуальні корпоративні системи;

– інтегрувати відкриті інтерактивні та змінні масштабовані системи в системи управління транспортом;

– розробити системи для аналізу ДТП та їх причин, зокрема, інтегрувати їх в системи, що надають аналогічні дані, які в даний час використовуються в країнах ЄС.

Висновки. Впровадження передових технологій та інших засобів з перевезення небезпечних вантажів, які використовуються для обробки швидкої і продуктивної обробки інформації, обладнання для безпечного перевезення небезпечних вантажів та ефективної роботи дасть змогу раціонального вибору контейнера, забезпечення максимальної кількості перевезення небезпечних вантажів та визначення допустимих транспортних норм, можливість спільного навантаження і приготування страхових документів і для інших рішень.

Крім поліпшення безпеки, системи супутникової навігації і позиціонування дають неоціненну допомогу в управлінні транспортними операціями. Системи відстеження і розташування відіграють важливу роль у транспортуванні небезпечних вантажів, тому що небезпечні вантажі можуть привести до серйозної небезпеки для навколишнього середовища і суспільства.

Система віддаленої ідентифікації транспортних засобів і вантажів дозволяє перевізнику визначити:

- де транспортний засіб, чи завантажуються або вивантажуються він;
- чи перетнув автомобіль державний кордон;
- коли транспортний засіб прибуває за місцем призначення.

Одноразові датчики можуть бути використані для ідентифікації вантажів на відстані від контейнерів або великих пакетів.

1. Пасічник, А.М. Стан і перспективи розвитку технологій міжнародних перевезень небезпечних вантажів [Текст] / А.М. Пасічник, Д.М. Крижановський // Вісник Академії митної служби України. – 2012. – №1(47). С. 83-88.
2. Закон України від 02.03.2000 № 1511 «Про приєднання України до Європейської Угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ);
3. Закон України від 06.04.2000 № 1644 «Про перевезення небезпечних вантажів».
4. Постанова КМУ від 01.06.2002 № 733 «Про затвердження Порядку і правил проведення обов'язкового страхування відповідальності суб'єктів перевезення небезпечних вантажів на випадок настання негативних наслідків під час перевезення небезпечних вантажів»;
5. GALILEO – European satellite navigation system. Directorate – General Energy and Transport. [Електронний ресурс]:URL :<http://www.gsa.europa.eu/galileo/programme>.
6. Website of Company “Varicom” [Електронний ресурс]:URL: <http://www.varicom.lt/>.
7. Website of Company “Admita” [Електронний ресурс]:URL: <http://www.admita.lt/>.
8. Website of a cave mapping software package designed to edit, process, analyze and view cave survey data using an IBM PC compatible computer [Електронний ресурс]: URL: <http://fountainware.com/compass>.
9. Website of Company “Autoguard” of Poland. [Електронний ресурс]: URL: <http://http://www.autoguard.pl/pl/>.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014

УДК 625.8

Н.В.Павленко

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА
КРИТЕРІЯМИ МІЦНОСТІ**

Розглянуті порядок та особливості розрахунку дорожніх одягів за критеріями міцності (зсув в ґрунтах земляного полотна та незв'язних шарах конструкцій) за різними методиками розрахунку, проведено аналіз результатів та представлені основні рекомендації.

Ключові слова: дорожній одяг, розрахунок на міцність, шари конструкції коефіцієнти міцності.

Рис 1. Табл 2. Форм. 3. Літ 7.

Н.В.Павленко

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО КРИТЕРИМ
ПРОЧНОСТИ**

Рассмотрены порядок и особенности расчета дорожных одежд по критериям прочности (сдвиг в ґрунтах земляного полотна и несвязных слоях конструкций) по различным методикам расчета, проведен анализ результатов и представлены основные рекомендации.

Ключевые слова: дорожная одежда, расчет на прочность, слои конструкции коэффициенты прочности.

N.Pavlenko

**FEATURES CALCULATION NONRIGID PAVEMENTS ON STRENGTH
CRITERIA**

The calculation procedure and especially on pavements strength criteria (a shift in the soil subgrade and unbound layers structures) by different methods of calculation, analyzed the results and presents the main recommendations.

Keywords: pavement, strength calculation, the layers of design factors of safety.

Постановка проблеми. Порядок розрахунку нежорстких дорожніх одягів регламентується низкою національних стандартів України [1,2]. Необхідно звернути увагу на інструктивний лист УКРАВТОДОРу №2\92-10-671 від 22 березня 2006 року (лист УНТП), яким рекомендовано приймати при розрахунках фіксовані значення низки коефіцієнтів. Введення цих поправок дозволяє оптимізувати конструкцію дорожнього одягу за критеріями міцності. Аналіз нормативних документів вказав на необхідність проведення розрахунків конструкцій з різною вологістю ґрунтів та різними типів ґрунтів, як за БН В.2.3-218-186 2004 [2] у первісному вигляді, так і з урахуванням інструктивного листа УНТП (Управління науково-технічної політики Укравтодор). Для додаткового порівняння конструкції розраховували за ліцензованою програмою RADON RU. Брали до уваги той факт, що при однакових рівнях надійності дорожнього одягу коефіцієнти запасу міцності в Українських нормах інші. Метою цих порівнянь було встановити як вплинули запропоновані зміни на результати конструювання і розрахунку дорожніх одягів.

Аналіз досліджень. Перш за все слід відзначити, що з урахуванням змін УНТП конструкції стали більш реальними і економічними. Це був результат допущених методичних і математичних помилок у вихідних залежностях.

Якщо проаналізувати результати розрахунків різними методами, то приходимо до наступних висновків:

- розраховані за різними але принципово узгодженими методами розрахунку нежорстких дорожніх показали, що конструкції мають однаковий рівень надійності;
- це свідчить про те, що запропоновані поправки УНТП дійсно, в основному, узгодили і виправили спірні питання, отримані конструкції з багатьох параметрів є більш оптимальними;
- остається не до кінця узгоджене питання міцності на зсув піщаних шарів і ґрунтів, це потребує додаткових розрахунків з урахуванням існуючих рекомендацій.

Таким чином, структурно - логічну схему конструювання і розрахунку нежорстких дорожніх одягів для включення в альбом типових конструкцій можна представити наступною блок-схемою (рисунк 1

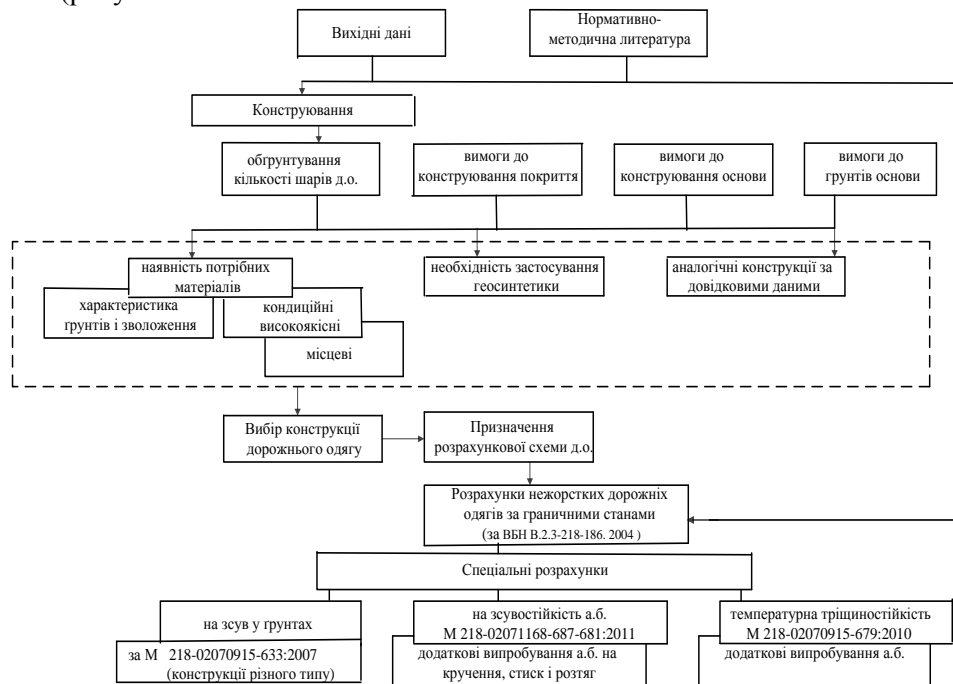


Рис. 1. Структурно - логічна схема розрахунку дорожніх одягів

Слід звернути увагу на наступні особливості розрахунку: в Російській методиці (ОДН 218.046-01) [3] часто розрахунки по допустимому пружному прогину і розрахунки за критеріями міцності не співпадають. Це є наслідком недостатнього узгодження пружного прогину і міцностних характеристик конструкції при розрахунковому навантаженні гр. A_1 (115 кН). Для розрахункового навантаження 115 кН пружній прогин, в теперішній час, не слід приймати як розрахунковий критерій, а залишити його як параметр контролю відповідності влаштованого дорожнього одягу проектним параметрам для забезпечення необхідної рівності покриття. Крім того, практика розрахунків дорожніх одягів за критеріями міцності показала, що фактичні модулі пружності конструкції набагато перебільшують нормативні коефіцієнти запасу міцності по пружному прогину при мінімальних при цьому допустимих коефіцієнтах запасу міцності на зсув і розтяг при згині.

Основні результати дослідження. При розрахунках міцності на зсув ґрунтів або проміжних шарів дорожнього одягу приймають найбільш небезпечне сполучення фізико-механічних і пружних характеристик матеріалів шарів, які визначають при високій розрахунковій вологості, яка залежить від типу місцевості за характером зволоження, дорожньо-кліматичного району, типу нижнього шару дорожнього одягу (щільний шар або пористий);

У номограмі по визначенню активних напружень зсуву використовується величина кута внутрішнього тертя. Розраховуючи конструкцію дорожнього одягу за діючими нормами по ВБН з урахування поправки УНТП приймаємо, що циклічність прикладення навантаження відсутня, рекомендовано у формулах:

$$c_N = c \cdot k_{NC}, \quad \phi_N = \phi \cdot k_{N\phi}, \quad (1)$$

де коефіцієнт k_N приймати рівним 1.

При розрахунках за такими показниками отримуємо для пісків, супісків та для легких суглинків, що зменшення величини C не суттєво вплине на кінцевий результат запасу міцності, так як більш суттєво іде зміна в показниках активних напружень зсуву за номограмою. Однак

при несприятливих умовах для зв'язних ґрунтів (глина, суглинок важкий), при суттєвому зволоженні в межах 0,8W вплив наявності коефіцієнту k_N досить суттєвий для показника C , в цьому випадку в таких матеріалах кут внутрішнього тертя по природнім умовам дуже малий, тому цей показник зчеплення дасть нам падіння утримуючих напружень аж в 3 рази.

В сильно перезволожених слабо фільтруючих ґрунтах опір повторювальним навантаженням знижується більш інтенсивно, в результаті чого при невеликій інтенсивності руху виникає зсув. При порівнянні зсувових характеристик бачимо, що при збільшеній вологості зменшуються величини зчеплення та кута внутрішнього тертя. При накладанні цих факторів бачимо, що ґрунти з більшим коефіцієнтом фільтрації здатні краще сприймати прикладене навантаження. Це означає, що при інтенсивному русі важких транспортних засобів та підвищеній вологості краще працюють супіщані та піщані шари, а при благоприємних умовах та недозволожених ґрунтах - зв'язні ґрунти - суглинок, глина.

Окрім діючих нормативів по розрахунку конструкцій на міцність можна користуватися методикою [4]. Оскільки там розрахунок на зсув має принципово іншу схему та тиск колеса на поверхню становить 0,7 МПа, вирішено проаналізувати для порівняння розрахунку на зсувостійкість ґрунтів основи по різним нормативним документам.

Було у ВБН В.2.3-218-186 [2]: граничне активне напруження зсуву T_{ep} в ґрунті робочого шару (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) визначають за формулою:

$$T_{ep} = c_N k_\delta + 0,1 \gamma_{cp} z_{оп} \operatorname{tg}(\varphi_N), \quad (\text{допущена помилка}) \quad (2)$$

K_δ приймають рівним 1 згідно поправки УНТП та величина C_N та φ_{cm} лише при статичному навантаженні.

Стало: граничне активне напруження зсуву в ґрунті робочого шару визначають за формулою:

$$T_{ep} = k_\delta (C_N + 0,1 \gamma_{cp} z_i \operatorname{tg} \varphi_{cm}) \quad (3)$$

де K_δ – коефіцієнт, що враховує особливості роботи конструкції на межі піщаного шару (ґрунту) з нижнім шаром несучої основи;

K_δ приймають рівним за [4] в межах від 1.0 до 4.5.

Проаналізуємо результати розрахунків на міцність на зсув в ґрунтовій основі по обом розрахунковим схемам та отримаємо дані про їх доцільність у використанні, адже раціональність конструкції дорожнього одягу в межах діючих норм по запасу міцності має бути витримана [5].

Розглянемо розрахунок однієї і тієї самої конструкції, але на різних типах ґрунтової основи при зміні вологості. Типова конструкція наведена в таблиці 1

Виконуємо розрахунок активних та граничних напружень зсуву по обом методикам. В одному випадку врахуємо рекомендації УНТП до ВБН, тобто $K_\delta = 1$, k_{NC} і $k_{N\varphi} = 1$, тиск $p = 0,8$ МПа. В іншому випадку розрахунок виконуємо для граничних напружень по виправленій формулі з урахуванням усіх коефіцієнтів. Результати для різних розрахункових схем, різних ґрунтів основи та змінній вологості наведено у таблиці 2.

Таблиця 1.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції дорожнього одягу

№	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок за					
			пружним прогином E, МПа	опором зсуву, E, МПа	опором розтягу при згині			
					E, МПа	R _{лаб} , МПа	t	K _{пр}
1	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД-60/90	5	3200	1800	4500	9,8	5,5	4,0
2	Асфальтобетон пористий на бітумі БНД-60/90	10	28000	1200	2800	8,0	4,3	8,2
3	Чорний щебінь	10	900	900	900			
4	Щебінь маломіцних порід укріплений комплексним в'язучим	20	600	600	600	–	–	–
5	Укріплений матеріал ґрунтовий	25	250	250	250	–	–	–

Таблиця 2.

Результати розрахунків

Ґрунт	Модуль	вологість	$\bar{\tau}_H$	T _a	$\bar{\tau}_H$	T _a	Кміцності
Супісок	100	0,62	0,00944	0,0216	0,01372	0,02766	2,288/2,016
	69	0,75	0,00784	0,0168	0,01204	0,02085	2,14/1,73
	54	0,85	0,00816	0,0109	0,0105	0,0155	1,335/1,47
			ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР
Суглинок легкий	108	0,51	0,0096	0,0474	0,00819	0,0399	4,94/4,87
	77	0,6	0,00896	0,0299	0,0126	0,0254	3,34/2,02
	52	0,7	0,00864	0,0188	0,0118	0,01503	2,18/1,27
	25	0,87	0,00544	0,0091	0,0084	0,0066	1,68/0,78
		ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР	
Суглинок важкий	49	0,65	0,0084	0,0265	0,01141	0,02167	3,155/1,89
	38	0,7	0,0078	0,0198	0,0099	0,0145	2,54/1,46
	21	0,8	0,0064	0,0125	0,0081	0,0079	1,95/0,975
			ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР
глина	82	0,5	0,00936	0,0659	0,00875	0,0521	6,97/5,95
	34	0,65	0,00736	0,0277	0,0098	0,0218	3,76/2,22
	24	0,7	0,006	0,023	0,0077	0,01	3,83/1,29
	10	0,8	0,0048	0,0107	0,0049	0,0035	2,22/0,71
		ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР	

Висновок. При аналізі розрахунків для супісчастих ґрунтів отримуємо невеликі розбіжності по запасу міцності для розрахункових схем. При використанні обох методик розрахунку отримали потрібні запаси міцності. Але використання методики МР [4] дає знижені показники, що дозволить раціонально конструювати. І лише для незв'язних ґрунтів – супісків при збільшенні вологості розрахунки по МР дали більший запас міцності, адже ці ґрунти і ведуть себе краще в несприятливих умовах. А розрахунки для суглинків і глин мають дещо інші результати і поведінка їх різниться при використанні тих самих схем. Так, по методиці МР

[4] при використанні коефіцієнтів K_d та K_N суттєво зменшуються показники зчеплення, а при великому зволоженні, що небезпечно для даного типу ґрунту дуже суттєво падає кут внутрішнього тертя, маємо дуже малі показники запасу міцності. Виділено в таблицях ті параметри, коли активні напруження зсуву в декілька разів перевищують такі ж самі напруження, але при статичному куті внутрішнього тертя. В цьому випадку використання методики ВБН [2] з поправкою УНТП є більш доцільним, а перезволоженні ґрунті не повинні бути використані в розрахункових схемах.

Якщо умова міцності на зсув не виконується, то потрібно переглянути конструкцію дорожнього одягу за такими напрямками:

- збільшити загальну товщину дорожнього одягу за рахунок збільшення товщини шарів з найбільш дешевих (з місцевих) матеріалів;

- замінити матеріал одного з шарів на більш жорсткий (більше E_i) тим самим збільшивши E_{cp} . Заміна слабого шару ґрунту або слабого за зсувостійкістю проміжного шару може бути здійснена наступним чином: для гравійних матеріалів і гравійно-піщаних сумішей результат дає заміна 30 % гравію на подрібнений гравій; обробка матеріалу шару органічними, мінеральними або комплексними в'язучими; для піщаних шарів необхідно застосувати піски більш крупної фракції; слабкий ґрунт земляного полотна (верхній шар) замінюють на більш зсувостійкий шар, товщиною не менше 15 см (за технологічними можливостями) [6-7]. Фактично вводиться додатковий шар конструкції, загальна товщина дорожнього одягу збільшується. Тим самим забезпечується необхідна зсувостійкість.

1. ДБН В.2.3-4-2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина Проектування. Частина 2 – Будівництво. – [Чинний від 2008-03-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – (Національний стандарт України).
2. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186 2004 – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004 – 176 с. – (Національний стандарт України).
3. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. – [Действителен от 2001-01-01]. – М.: ГУП «Союздорнии», 2001.
4. М 218-02070915-633:2007 Методика проектування дорожнього одягу з конструкціями різного типу. – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2007. – (Нормативний документ Державної служби автомобільних доріг України).
5. Телтаев Б.Б. Анализ расчетных значений модуля упругости асфальтобетона, Дорожная техника, 10. С.130-137.
6. Павленко Н.В. Усовершенствование расчета малосвязных материалов в конструкциях дорожных одежд переходного типа. Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник / К.:НАУ, 2012.- Вип.7. – С.177-181.
7. Павленко Н.В., Ряпухін В.М., Плевако В.П. Напружений і деформований стани дорожніх одягів перехідного типу з дискретних матеріалів // Науковий вісник будівництва / Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – Вип.47. – С.161-171.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 69.022:699.86

В.А.Пашинський, О.А.Плотніков, А.М.Карюк
Кіровоградський національний технічний університет
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ СТІН
ЗА КРИТЕРІЄМ ТЕПЛОВИТРАТ

Розроблена імовірнісна методика оцінювання рівня теплової надійності огорожувальних конструкцій з урахуванням випадкового характеру властивостей будівельних матеріалів та температури атмосферного повітря. Методика базується на аналізі граничних нерівностей, сформованих на основі відомих закономірностей теплопередачі.

Ключові слова: *огорожувальні конструкції, тепла надійність, випадкові властивості матеріалів, випадкові температурні впливи.*

Табл 5. Форм 10. Літ 11

В.А.Пашинский, О.А.Плотников, А.Н. Карюк
МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАДЕЖНОСТИ СТЕН
ПО КРИТЕРИЮ ТЕПЛОПОТЕРЬ

Разработана вероятностная методика оценивания уровня тепловой надежности ограждающих конструкций с учетом случайного характера свойств строительных материалов и температуры атмосферного воздуха. Методика базируется на анализе предельных неравенств, сформированных на основании известных закономерностей теплопередачи.

Ключевые слова: *ограждающие конструкции, тепловая надежность, случайные свойства материалов, случайные температурные воздействия.*

V.A. Pashynskiy O.A. Plotnikov A.M. Kariuk
METHODOLOGY OF THE EVALUATION OF THERMAL RELIABILITY OF THE WALLS
BY THE CRITERIA OF THE HEAT LOSSES

Thermal reliability of the enclosures is analyzed by probabilistic methods taking into account random character of the structure dimensions, properties of the building materials and air temperature. Statistical characteristics of the heat resistance are calculated by function linearization of random values of the thickness and the coefficients of thermal conductivity of structural layers of the wall. Probability of the failure based on the criterion of insufficient resistance of the heat transfer equals the probability that normally distributed random value of the resistance of the heat transfer will be less than minimum acceptable value set by the design standards for given temperature area. Analysis of the impact of design parameters on statistical properties of the resistance of the heat transfer and value of the failure probability showed that the variability of the thickness of the wall layers can be ignored. The variability of the coefficients of the heat transfer must be considered only for efficient insulation and structurally-thermal insulation layers with large thermal resistance. The probability of the failure based on criterion of exceeding the maximum acceptable heat flow equals the probability that actual intensity of the heat flow through the enclosure will exceed certain threshold value. Maximum allowable intensity of heat flow is defined by the value of normative heat losses of the buildings during the heating season or by the value of heat transfer through properly designed enclosures in design terms of the operating. Certain incertitude in setting maximum allowable value of the intensity of the heat flow restricts the application of such method to the comparative evaluation of the heat reliability of the wall structures of the various types in close condition of the operation.

Keywords: *enclosures, thermal reliability, random material properties, random thermal effects*

Постановка проблеми. Зниження енерговитрат на опалення будинків можливе шляхом підвищення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій до необхідного рівня теплової надійності за рахунок використання ефективних конструктивних рішень та теплоізоляційних матеріалів. Випадковий характер теплотехнічних характеристик матеріалів і температурних впливів атмосферного середовища обумовлює необхідність застосування імовірнісних методів оцінювання теплової надійності огорожувальних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативні документи [3, 5, 6] орієнтують на використання фасадних систем теплоізоляції, регламентують вимоги до їх конструкції та проектування. Результати експериментальних досліджень та досвід експлуатації, узагальнені в монографії [10], свідчать про ефективність таких систем теплоізоляції. В роботі [8] зроблена спроба наближеного оцінювання імовірності теплових відмов за встановленими ДБН [3] критеріями комфортності (нормована різниця температур внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни) та утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни (падіння температури

нижче точки роси). Розрахункові параметри температури атмосферного повітря встановлені стандартом [7] у формі детермінованих величин. Імовірнісна модель температури атмосферного повітря та необхідні для розрахунків теплової надійності статистичні характеристики квазістаціонарного випадкового процесу цієї температури наведені в монографії [9].

Невирішені частини проблеми. Запропонована в [8] методика оцінювання теплової надійності не враховувала статистичної мінливості товщини шарів огорожувальної конструкції та коефіцієнтів теплопровідності використаних матеріалів. Окрім того, розглядалися лише два види теплових відмов: утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни та перевищення допустимої різниці температур поверхні стіни та повітря в приміщенні. Методики імовірнісного оцінювання рівня теплової надійності за критеріями недостатнього опору теплопередачі та перевищення допустимого значення інтенсивності теплового потоку через огороження, які враховують статистичну мінливість технічних характеристик стінових матеріалів, а також випадковий характер змін температури атмосферного повітря, в технічній літературі не виявлені.

Мета дослідження полягає в розробленні методики оцінювання рівня теплової надійності огорожувальних конструкцій з урахуванням випадкового характеру технічних характеристик будівельних матеріалів.

Передумови розроблення методики оцінювання теплової надійності:

- методика базується на розрахункових методах і формулах, наведених в ДБН [3];
- товщини шарів огорожувальної конструкції δ_i та коефіцієнти теплопровідності матеріалів λ_i вважаються нормально розподіленими випадковими величинами;
- температура зовнішнього повітря τ_3 вважається квазістаціонарним випадковим процесом або послідовністю нормально розподілених випадкових величин, що відповідають окремим місяцям року;
- температура повітря в приміщенні τ_b вважається детермінованою величиною, яка встановлюється згідно з вимогами ДБН [3];
- коефіцієнти внутрішньої α_b та зовнішньої тепловіддачі α_3 вважаються детермінованими величинами, які приймаються за даними ДБН [3];
- мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції R_{\min} є детермінованою величиною, прийнятою згідно з вимогами ДБН [3] з урахуванням змін [4];
- максимально допустима величина теплового потоку через огорожувальну конструкцію Q_{\max} встановлюється за даними чинних нормативних документів [3, 4, 7].

Статистичні характеристики опору теплопередачі огорожувальної конструкції, яка складається з N шарів (несуча конструкція, утеплювач, внутрішнє та зовнішнє оздоблення тощо) визначаються, виходячи з відомої формули ДБН [3]

$$R_0 = \alpha_b + \alpha_3 + \sum_{i=1}^N \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (1)$$

усі позначення в якій наведені вище. Враховуючи нелінійну операцію ділення випадкових величин δ_i і λ_i в формулі (1), статистичні характеристики результуючої випадкової величини R_0 визначені методом лінеаризації функції випадкових величин (1), викладеним в [1]. Для цього визначені похідні функції (1) по випадкових параметрах δ_i та λ_i в

$$\frac{\partial R_0}{\partial \delta_i} = \frac{1}{\lambda_i}; \quad \frac{\partial R_0}{\partial \lambda_i} = -\frac{\delta_i}{\lambda_i^2}. \quad (2)$$

Тоді згідно з методом лінеаризації [1], математичне сподівання й стандарт опору теплопередачі дорівнюють

$$M_{R0} = \alpha_b + \alpha_3 + \sum_{i=1}^N \frac{M_{\delta_i}}{M_{\lambda_i}}; \quad S_{R0} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_{\delta_i}}{M_{\lambda_i}} \right)^2 + \left(\frac{S_{\lambda_i} M_{\delta_i}}{M_{\lambda_i}^2} \right)^2 \right]}, \quad (3)$$

де N – кількість шарів огороджувальної конструкції;

M_{δ_i} та S_{δ_i} – математичне сподівання й стандарт товщини i -того шару;

M_{λ_i} та S_{λ_i} – математичне сподівання й стандарт коефіцієнта теплопровідності i -того шару;

інші позначення наведені вище.

Імовірність теплової відмови за критерієм недостатнього опору теплопередачі дорівнює імовірності того, що випадкова величина фактичного опору теплопередачі буде меншою за встановлене нормами мінімально допустиме значення опору теплопередачі R_{\min} :

$$Q_1 = \text{prob}\{R_0 < R_{\min}\} = F_R(R_{\min}), \quad (4)$$

де $F_R(\dots)$ – функція нормального розподілу опору теплопередачі з математичним сподіванням μ і стандартом (3);

R_{\min} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції певного виду для відповідної температурної зони за ДБН [3, 4].

Вплив мінливості товщини й теплопровідності різних шарів на статистичні характеристики опору теплопередачі та на імовірність відмови (4) проаналізовано на прикладі типової цегляної стіни з додатковим фасадним утепленням з плит пінополістиролу. Склад стіни та статистичні характеристики товщини δ_i й коефіцієнта теплопровідності λ_i кожного шару наведені в таблиці 1. Математичні сподівання товщини шарів прийняті рівними їх номінальним проектним значенням, а стандарти оцінені за величинами допусків на розміри, встановлених технічними умовами на відповідні вироби. При цьому орієнтовно вважалось, що нормативні допуски мають односторонню забезпеченість 0,95. Математичне сподівання й стандарт коефіцієнта теплопровідності пінополістиролу прийняті за результатами експериментально-статистичних випробувань [11]. Математичні сподівання коефіцієнтів теплопровідності інших шарів прийняті за номінальними значеннями, наведеними в ДБН [3], а їх стандарти з деяким запасом визначені з урахуванням коефіцієнтів варіації $V \approx 0,2$, оскільки коефіцієнт варіації теплопровідності полістиролу за результатами випробувань [11] отримано рівним 0,15.

Таблиця 1.

Статистичні характеристики шарів стіни

Конструктивні елементи (шари) стіни	Товщина шару, м		Коефіцієнт теплопровідності	
	M_{δ}	S_{δ}	M_{λ}	S_{λ}
Зовнішня фасадна штукатурка товщиною 10 мм	0,01	0,0010	0,47	0,09
Утеплювач з пінополістирольної плити марки 25 товщиною 80 мм	0,08	0,0018	0,0315	0,0045
Цегляна кладка з повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 510 мм	0,51	0,0030	0,56	0,11
Внутрішня штукатурка з вапняного розчину товщиною 20 мм	0,02	0,0012	0,58	0,12

Розрахунки за формулами (3), (4) та даними таблиці 1 показали, що математичне сподівання опору теплопередачі розглянутої стіни дорівнює $M_{R_0}=3,665 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, стандарт $S_{R_0}=0,409 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, а імовірність теплової відмови при мінімально допустимому значенні опору теплопередачі при термомодернізації житлових будівель $R_{\min}=2,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ дорівнює $Q_1=0,00609$.

Вплив статистичної мінливості розрахункових параметрів на характеристики опору теплопередачі та величину імовірності відмови встановлено шляхом виконання аналогічних розрахунків при нульових значеннях стандартів товщини й теплопровідності кожного з чотирьох шарів стіни (окремо для кожного з цих параметрів). Результати восьми варіантів розрахунку, наведені в таблиці 2, дозволяють проаналізувати вплив мінливості кожного з розрахункових параметрів на стандарт опору теплопередачі стіни та імовірність теплової відмови.

Статистичні характеристики шарів стіни

Конструктивні елементи (шари) стіни	Термічний опір, M_{Ri}	Зміни параметрів залежно від мінливості			
		товщини шару		коефіцієнта теплопровідності	
		S_{R0}	Q_1	S_{R0}	Q_1
Зовнішня фасадна штукатурка	0,021	0,409	0,00608	0,409	0,00608
Утеплювач з пінополістиролу	2,540	0,405	0,00567	0,188	2,6E-08
Цегляна кладка	0,911	0,409	0,00608	0,367	0,00265
Внутрішня штукатурка	0,034	0,409	0,00608	0,409	0,00608

З таблиці видно, що мінливість товщини шарів мало впливає на результати розрахунку. Навіть ігнорування мінливості товщини ефективного утеплювача призводить до порівняно незначного зменшення імовірності відмови з 0,00609 до 0,00567. Це можна пояснити невеликими коефіцієнтами варіації товщини шарів, які не перевищують 0,1. Набагато більший вплив виявляє мінливість коефіцієнта теплопровідності, який має коефіцієнти варіації 0,15–0,20. Якщо ігнорування випадкового характеру теплотехнічних властивостей оздоблювальних шарів практично не впливає на результати розрахунків, то мінливість коефіцієнтів теплопровідності ефективного утеплювача й цегляної кладки кардинально змінює імовірність теплової відмови стіни. Без урахування випадкового характеру коефіцієнта теплопровідності цегляної кладки імовірність теплової відмови стіни зменшується від 0,00609 до 0,00265, а ігнорування статистичної мінливості коефіцієнта теплопровідності утеплювача знижує імовірність відмови до $2,6 \times 10^{-08}$. Загалом вплив статистичної мінливості характеристик окремих шарів стіни зростає при збільшенні їх термічного опору. Тому в практичних розрахунках випадковий характер товщини й теплотехнічних властивостей тонких оздоблювальних шарів та несучих конструкцій з високою теплопровідністю можна не враховувати.

Імовірність теплової відмови за критерієм перевищення максимально допустимого теплового потоку дорівнює імовірності того, що фактична інтенсивність теплового потоку через огородження G перевищить певне граничне значення G_{max} :

$$G = (\tau_b - \tau_s) / R_o > G_{max}, \quad \text{або} \quad R_o G_{max} - \tau_b + \tau_s < 0. \quad (5)$$

Імовірність безвідмовної роботи дорівнює імовірності виконання граничної нерівності:

$$R_o G_{max} - \tau_b + \tau_s > 0. \quad (6)$$

Гранична нерівність (6) містить суму двох випадкових величин: опору теплопередачі R_o та температури зовнішнього повітря τ_s . Статистичні характеристики опору теплопередачі обчислюються за формулами (3), характеристики температури зовнішнього повітря визначаються за метеорологічними даними, які узагальнено в [9]. Згідно з прийнятими передумовами, усі інші складові (5) вважаються детермінованими. Математичне сподівання й стандарт лівої частини граничної нерівності (6), яку можна вважати резервом теплової надійності, визначаються за теоремами про числові характеристики лінійної функції випадкових величин [1]:

$$M_p = M_{R0} G_{max} - \tau_b + M_{\tau_s}; \quad S_p = \sqrt{(S_{R0} G_{max})^2 + S_{\tau_s}^2}, \quad (7)$$

де M_{τ_s} та S_{τ_s} – математичне сподівання та стандарт температури зовнішнього повітря.

При відомих статистичних характеристиках (7) імовірність теплової відмови за критерієм перевищення максимально допустимої інтенсивності теплового потоку через огорожувальні конструкцію дорівнює імовірності невиконання граничної нерівності (6) і визначається через функцію нормального розподілу:

$$Q_2 = \text{prob}\{G > G_{max}\} = F_p(0), \quad (8)$$

де $F_p(\dots)$ – функція нормального розподілу резерву теплової надійності (6) з математичним сподіванням і стандартом (7);

G_{\max} – гранично допустиме значення інтенсивності теплового потоку через огороження.

Гранично допустиме значення інтенсивності теплового потоку G_{\max} може визначатися двома способами. Перший спосіб базується на значеннях нормативних максимальних тепловитрат будинків протягом опалювального сезону, встановлених нормами [3, 4]. Для визначення G_{\max} необхідно проаналізувати усі огорожувальні конструкції будинку та виділити ту частку теплового потоку, яка проходить крізь обрану конструкцію. Цей спосіб є реальним, але досить трудомістким, оскільки вимагає комплексного розрахунку тепловитрат усього будинку.

Другий спосіб визначення гранично допустимої інтенсивності теплового потоку G_{\max} заснований на аналізі теплопередачі в розрахункових умовах експлуатації. Гранично допустимою вважається інтенсивність теплового потоку через огорожувальну конструкцію з опором теплопередачі, що відповідає вимогам норм [4], при розрахунковому значенні температури зовнішнього атмосферного повітря τ_{ef} , встановленому стандартом [7]:

$$G_{\max} = (\tau_b - \tau_{ef}) / R_{\min}, \quad (9)$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції R_{\min} визначається за вимогами ДБН [3] з урахуванням змін [4] залежно від призначення будівлі, виду огорожувальної конструкції та одного з двох температурних районів України. Так наприклад, при термомодернізації стін житлових і громадських будинків встановлено $R_{\min}=2,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для I температурної зони та $R_{\min}=2,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для II температурної зони.

Державний стандарт України [7] містить чотири розрахункових значення температури повітря в зимовий період року. Розглянемо два граничні випадки: температуру найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98, яку використовують при розрахунках легких огорожувальних конструкцій, та температуру найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92, яку використовують при розрахунках масивних огорожувальних конструкцій з великою тепловою інерцією. Для кожного з 57 населених пунктів, вказаних в [7], вибрані два розрахункові значення температури, а також встановлені температурні зони та відповідні значення R_{\min} згідно з [3, 4]. За формулою (9) при температурі внутрішнього повітря $+20^\circ\text{C}$ обчислені допустимі інтенсивності теплового потоку для кліматичних умов кожного з проаналізованих населених пунктів. Отримані значення інтенсивності теплового потоку G_{\max} для різних метеостанцій мають незначний розкид, що дозволяє узагальнити їх по території України. Результати статистичної обробки значень G_{\max} для 57 населених пунктів України наведені в таблиці 3.

Таблиця 3.

Статистичні характеристики допустимих значень інтенсивності теплового потоку через стіни житлових і громадських будівель

Вид і умови використання стінових конструкцій	Статистичні характеристики теплового потоку			
	M_G	S_G	V_G	G_{\max}
Нове будівництво, легкі конструкції	14,9	1,21	0,081	16,9
Нове будівництво, масивні конструкції	12,7	1,11	0,087	14,5
Термореконструкція, легкі конструкції	18,6	1,51	0,081	21,1
Термореконструкція, масивні конструкції	15,9	1,39	0,087	18,2

Невеликі значення коефіцієнтів варіації, наведені в таблиці 3 за результатами статистичної обробки, підтверджують незначний територіальний розкид даних і можливість їх узагальнення. В якості гранично допустимої інтенсивності теплового потоку доцільно встановити середні M_G , або найбільші по території значення G_{\max} , які нормами [3, 4] вважаються прийнятними. Найбільші значення, встановлені із забезпеченістю 0,95, наведені в останній колонці таблиці 3.

Приклад розрахунку теплової надійності розглянутої вище стіни в кліматичних умовах м. Кіровоград і м. Полтава наведено в таблиці 4. Статистичні характеристики опору теплопередачі обчислені вище за формулами (3) та даними таблиці 1. Математичне сподівання й стандарт температури атмосферного повітря в січні, як найхолоднішому місяці року, визначені за даними [9]. З урахуванням цих даних обчислені статистичні характеристики резерву теплової надійності за формулами (7) та імовірності теплової відмови за (8). Враховуючи, що показник масивності

стіни за [3] дорівнює $D=7,68$, при визначенні максимально допустимої інтенсивності теплового потоку за формулою (9) в якості розрахункових значень температури зовнішнього атмосферного повітря τ_{ef} для кожного з населених пунктів враховувалися температури найхолоднішої п'ятиденки при забезпеченості 0,92.

Таблиця 4.

Визначення імовірності теплової відмови стіни житлової будівлі за критерієм перевищення максимально допустимого теплового потоку

	G_{max}	τ_b	Опір теплопередачі		Зовнішня температура		Резерв надійності		Імовірність відмови Q_2
			M	S	M	S	M	S	
Кіровоград	15,9	20	3,665	0,409	-5,60	6,43	32,67	9,140	0,000176
Полтава	15,9	20	3,665	0,409	-6,44	6,65	31,83	9,298	0,000310
Кіровоград	18,2	20	3,665	0,409	-5,60	6,43	41,10	9,830	0,000015
Полтава	18,2	20	3,665	0,409	-6,44	6,65	40,26	9,978	0,000027

У перших двох строчках таблиці 4 наведені результати розрахунків при середньому по території України значенні допустимої інтенсивності теплового потоку, а в двох останніх – при найбільшому по території значенні із забезпеченістю 0,95. В обох випадках імовірність теплової відмови розглянутої стіни в умовах Полтави приблизно удвічі більша, ніж в умовах Кіровограда, які характеризуються більш м'яким кліматом. При урахуванні максимального значення допустимої інтенсивності теплового потоку $G_{max}=18,2 \text{ Вт/м}^2$ імовірності відмови отримані на порядок меншими, ніж при урахуванні середнього по території України значення $G_{max}=15,9 \text{ Вт/м}^2$. Отримані імовірності відмови загалом відповідають рекомендаціям норм [2] щодо доцільних значень імовірності відмови елементів будівельних конструкцій.

Якщо статистичні характеристики температури зовнішнього повітря M_{tz} та S_{tz} прийняті для найхолоднішого місяця року (січня), то визначену за (8) імовірність відмови Q_2 можна трактувати як імовірність одноразового протягом року невиконання граничної нерівності (6). Тоді імовірність безвідмовної роботи протягом встановленого терміну експлуатації T_{ef} визначається за відомим експоненціальним законом надійності

$$P_2(T_{ef}) = \exp(-Q_2 T_{ef}) . \quad (10)$$

Розрахунки за формулою (10) та даними метеостанцій Кіровоград і Полтава при різних значеннях встановленого терміну експлуатації дають функції надійності, наведені в таблиці 5.

Таблиця 5.

Функції теплової надійності стіни в кліматичних умовах Кіровограда і Полтави

	Імовірність відмови Q_2	Імовірність безвідмовної роботи при термінах експлуатації $T=$					
		5	10	20	50	100	200
Кіровоград	0,000176	0,99912	0,99825	0,99649	0,99126	0,98259	0,96548
Полтава	0,000310	0,99845	0,99691	0,99382	0,98463	0,96949	0,93992
Кіровоград	0,000015	0,99993	0,99985	0,99971	0,99927	0,99855	0,99710
Полтава	0,000027	0,99986	0,99973	0,99945	0,99863	0,99727	0,99454

З таблиці видно, що при терміні експлуатації $T_{ef}=100$ років, встановленому нормами [2] для житлових будинків, імовірність безвідмовної роботи стіни, як огорожувальної конструкції, залежно від району експлуатації та прийнятого гранично допустимого значення інтенсивності теплового потоку змінюється в межах від 0,940 до 0,997. Отримані значення не відповідають рекомендаціям [2], але враховуючи відсутність катастрофічних наслідків теплової відмови (на відміну від несучих конструкцій, на які в основному орієнтовані норми [2]), є цілком прийнятними для забезпечення нормальної експлуатації будівель. Істотні відмінності показників надійності, отриманих при різних підходах до встановлення значення допустимої інтенсивності теплового потоку (середнє чи максимальне по території) дещо обмежують використання запропонованої методики оцінювання надійності. Її доцільно використовувати для порівняльного аналізу рівнів

надійності конструкцій різного типу в різних кліматичних умовах експлуатації. Таке застосування є перспективним щодо порівняльного аналізу та оптимізації теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій шляхом вирівнювання їх рівня надійності.

Висновки за результатами досліджень:

1. На стандарт опору теплопередачі стін вирішальний вплив виявляє мінливість коефіцієнта теплопровідності ефективного утеплювача та конструкційно-теплоізоляційних шарів з великим термічним опором. Коефіцієнти теплопровідності тонких оздоблювальних шарів, а також товщини всіх шарів стін можна вважати детермінованими величинами.
 2. Методики визначення імовірності теплової відмови за критеріями недостатнього опору теплопередачі та перевищення максимально допустимої величини теплового потоку дозволяють виконувати порівняльну оцінку рівня теплової надійності різних огорожувальних конструкцій в заданих кліматичних умовах експлуатації.
 3. Виконані приклади розрахунку вказують на достатній рівень теплової надійності стін житлових будівель з додатковим фасадним утепленням, виконаним за вимогами чинних норм.
1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
 2. ДБН В.1.2-14:2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
 3. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 66 с.
 4. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зміна № 1.– К., 2013. – 11 с.
 5. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К., 2009. – 23 с.
 6. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. – К., 2009. – 15 с.
 7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2010. – 101 с.
 8. Пашинський В.А. Оцінка імовірності виникнення теплових відмов конструкцій / В.А. Пашинський, Г.Г. Фаренюк // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сборник научных трудов. Выпуск 56. – Днепропетровск: ДГАСА, 2010. – с. 305 – 310.
 9. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія // В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк / – Одеса, 2012. –180 с.
 10. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К. : Гама-Принт, 2009. – 216 с.
 11. Шульгін В. В., Карюк А. М. Імовірнісне подання технічних характеристик теплоізоляційних матеріалів // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип.4(39) . – С. 257-262.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

УДК 629.017

Д.І.Петренко, М.В.Дячук
РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ЕКСТРЕНОГО ГАЛЬМУВАННЯ
ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Розглядаються питання побудови імітаційної моделі системи екстреного гальмування (система типу BAS) легкового автомобіля в середовищі імітаційного моделювання Simulink/Simscape. Головним виконавчим елементом є активний підсилювач гальм з електромагнітним клапаном. Виконано тестування імітаційної моделі та порівняні результати гальмування при натисканні на гальмівну педаль водієм та при роботі системи екстреного гальмування.

Ключові слова: система екстреного гальмування, імітаційне моделювання.

Рис 16. Літ 6.

Д.И.Петренко, М.В.Дячук
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭКСТРЕННОГО
ТОРМОЖЕНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Рассматриваются вопросы построения имитационной модели системы экстренного торможения (система типа BAS) легкового автомобиля в среде имитационного моделирования Simulink / Simscape. Главным исполнительным элементом является активный усилитель тормозов с электромагнитным клапаном. Выполнено тестирование имитационной модели и сравнение результаты торможения при нажатии на тормозную педаль водителем и при работе системы экстренного торможения.

Ключевые слова: система экстренного торможения, имитационное моделирование.

D.Petrenko, M.Dyachuk
SIMULATION MODEL DEVELOPMENT OF CAR'S SYSTEM EMERGENCY BRAKING

The questions of car's emergency braking system's (system type BAS) simulation development by means Simulink/Simscape software are considered. The problem of vehicle's automated braking drive simulation's development consists in the necessity to integrate and concordance it with a model of vehicle's dynamics. In this case a vehicle's braking system should run either from the driver's feet either with activated emergency braking system.

The research aim is methodological and consists in general approaches development of modern mechatronic devices' design in automotive industry, and also, actually, in simulation development of universal emergency braking system where the active brake booster may be used in ESP system simulation.

The Emergency Braking System simulation is performed for an example of car Audi A4. Imitations of car's braking are performed in two modes: the first is what a driver presses the pedal system when BAS is switch off, the second case regards an activated BAS system. The test conditions are: maximum pedal force is about 30 N, initial speed is 80 km/h and the coefficient of tire grip is 0.9.

The results demonstrate simulation efficiency of car's braking dynamics with BAS system. Braking distance reduced by 2.2 m in comparison with braking without emergency braking system. Also, the BAS-typical system can functioning without driver's intervention by ESP system's sensor activation (or other active safety systems).

Before the model's analysis it's necessary to accent that each basic block may consist of structural elements with a few parameters. A multiparametrical model can be a disadvantage in case of necessity of agreement all the subsystems among themselves, and an advantage simultaneously. The model's parameterization could create conditions for improvement and acceleration of engineering in the field of motor car's active safety systems.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день системи безпеки стали невід'ємною частиною автомобіля. Системи типу ABS/ESP стали обов'язковими для всіх нових автомобілів. Тенденція інтелектуалізації автотранспортних засобів призвела до появи нових систем безпеки (системи типу ADAS –Advanced Driver Assistance Systems). За складом системи майже однакові, але алгоритми роботи визначають функціональність та надійність всієї системи.

Розробка та тестування алгоритмів мехатронних систем керування пов'язано з використанням точних та швидких імітаційних моделей контрольованих об'єктів. Таким чином, модель гальмівної динаміки автомобіля з системою екстреного гальмування повинна бути універсальною, тобто мати можливість параметризації і можливість інтеграції з іншими системи активної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняних роботах [1, 2] представлені математичні моделі гальмівних апаратів та результати експериментальних досліджень. Щодо, систем активної безпеки, то на вітчизняному просторі не спостерігаються розробки в даному напрямку. Зарубіжні науковці представляють свої розробки досить стисло, не розкриваючи в повній мірі теорію [3, 4], що не дозволяє в повній мірі оцінити роботу.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Проблема розробки моделі автоматизованої гальмівної динаміки автомобіля полягає у необхідності інтегрування та узгодження її з моделями апаратів гальмівної системи. Гальмівна система автомобіля в даному випадку повинна працювати як від ноги водія, так і з активованою системою екстреного гальмування.

Дана розробка базується на раніше розробленій моделі гальмівної динаміки легкового автомобіля з урахуванням технічних параметрів гальмівної системи [5].

Мета дослідження. Головною метою даної роботи є складання Simscape-моделі гальмівної динаміки легкового автомобіля з системою екстреного гальмування (типу BAS – Brake Assist System). Додаткова мета - розробити алгоритм керування соленоїдом.

Матеріали досліджень. Загальна Simulink/Simscape модель гальмівної динаміки з урахуванням моделі гальмівної системи представлена на рис. 1. У блоці 1 формуються умови гальмування, що передбачають вид закону зусилля на гальмівній педалі, активацію системи BAS та сигнал від сенсору системи активної безпеки. Блок 2 вміщує поточні результати та вихідні дані. Налаштування розрахункової точності забезпечується блоком конфігурації вирішувача 3. Центральним блоком, що описує динамічний стан транспортного засобу, є блок 4 - кузов автомобіля. Порт **H** блоку під'єднується до аналогічних портів блоків 6-9 шин коліс, завдяки чому утворюється плоска чотириколісна модель. Порт **NF** передає фізичний сигнал нормальної сили до портів **N** на колеса 6, 7 передньої осі; аналогічно порт **NR** - до портів **N** на колеса 8, 9 задньої осі. Порт **beta** призначений для вводу кута підйому, який задається у блоці 18 - константа - та через блок 19 конвертується у фізичний сигнал. Порт **W** дозволяє вводити швидкість потоку аеродинамічного опору, що у даному випадку дорівнює швидкості руху автомобіля з порту **V**. Вирахуваний фізичний сигнал швидкості транспортного засобу конвертується блоком 20 у Simulink-сигнал. Блок похідної 21 дозволяє сформувати у блок бездротової передачі 22 сповільнення, у блок 23 - швидкість руху, через інтегратор 24 - зупинний шлях у блок 25. Досягнення значення швидкості, близького до 0, перевіряється блоком 26, та у разі виконання умови блок 27 зупиняє калькуляції. Ковзання шин коліс передньої та задньої осей передаються з портів **S** блоків 7, 9 через конвертори 10, 12 до блоків 11, 13 бездротової передачі даних. Зусилля нормальних реакцій осей передаються з портів **N** блоків 6, 8 через конвертори 14, 16 до блоків 15, 17 бездротової передачі даних. Порти **A** блоків коліс 6-9 сходяться до відповідних портів блоку 5, яким представлено гальмівну систему.

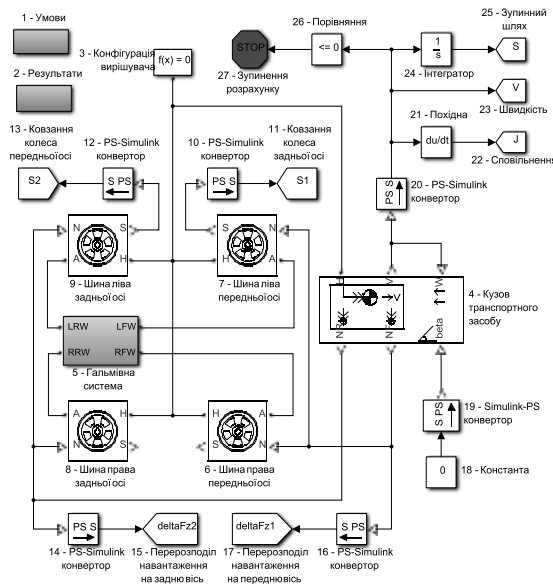


Рис. 1. Загальний вид Simscape-моделі системи екстреного гальмування (BAS) легкового автомобіля.

Розглянемо структуру модель гальмівної системи (рис. 1, поз. 5). Гальмівний вузол 1 об'єднує у собі гальмівну педаль, вакуумний підсилювач, головний гальмівний циліндр (ГГЦ). Секції ГГЦ через блок 2 X-з'єднання роздають тиск у гідравлічні контури діагональної системи.

Елементи 3, 11, 17, 19, 27, 29 – гідравлічні трубопроводи – дозволяють враховувати властивості руху рідини та представляють частину металевих трубопроводів. Блоки 4, 12, 18, 20, 28, 30 дозволяють врахувати місцевий опір, обумовлений закругленням трубопроводів. Елементи 5, 13, 21, 31 – гідравлічні трубопроводи – мають еластичні стінки та представляють гнучкі трубопроводи, що під'єднуються до колісних дискових гальмівних механізмів 6, 14, 22, 32. Обертальні демпфери 7, 15, 23, 33 імітують опір у підшипниках кочення відносно механічних обертальних систем відліку 8, 16, 24, 34. Порт **W** блоків дискових гальмівних механізмів 6, 22 дозволяє виводити фізичний сигнал кутової швидкості коліс: передніх – через конвертор 9 у блок 10, задніх – через конвертор 25 у блок 26. Під'єднання до осей коліс забезпечується вихідними портами: 1 – LFW – ліве переднє колесо, 2 – RFW – праве переднє колесо, 3 – LRW – ліве заднє колесо, 4 – RRW – праве заднє колесо.

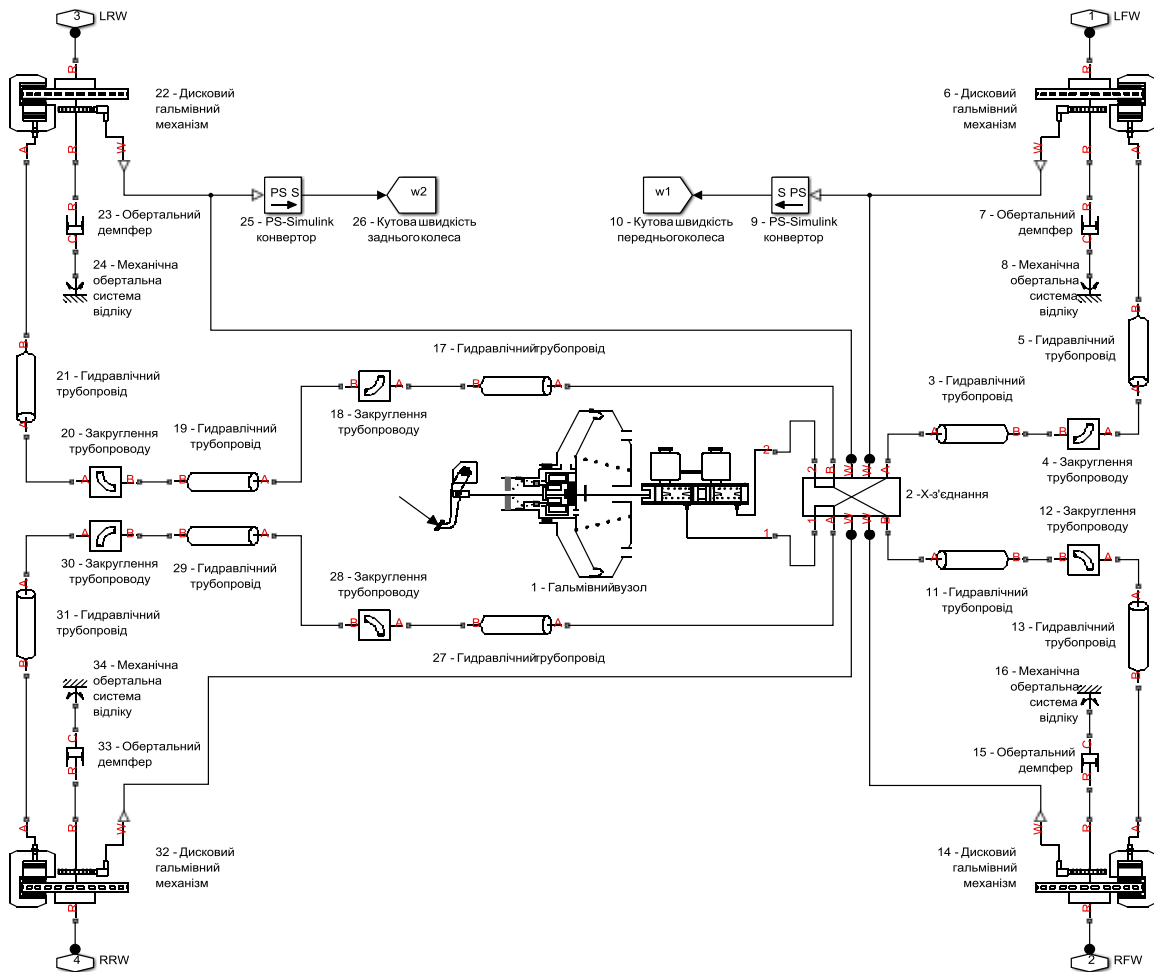


Рис. 2. Simscape-модель гальмівної системи з BAS.

На рис. 3 представлена структурна Simscape модель дискового гальмівного механізму з плаваючою скобою (рис. 2, поз. 6, 14, 22, 32). Рідина подається через вхідний порт 1 до колісного циліндру. Локальні втрати тиску з-за миттєвої зміни площини враховуються блоком 2. Після цього рідина надходить до порту **A** циліндру 3, а також до порту **A** блоку 6 – тертя у циліндрі, що імітує роботу манжети. Порт **B** блоку 6 під'єднаний до гідравлічної системи відліку 4, що забезпечує атмосферний тиск [6]. Зсув відбувається завдяки з'єднанню однойменних механічних портів **C** та **R** відповідно блоків циліндру 3 та тертя 6. Поступальна пружина 7 забезпечує повернення поршню у нейтральний стан, а поступальний жорсткий зупинник 8 обмежує його граничні позиції. Маса поршню задається у блоці 5. Через конвертор 9 сигналу хід поршню бездротовою передачею транслюється у вихідні дані через блок 10. Гальмівні колодки з накладками представлені у

моделі симетрично. Поступальні жорсткі зупинники 11 та 34 забезпечують зазори між натискними елементами та колодками. Механічні поступальні системи відліку 12, 27, 29, 30, 33, 35, 53 - позначають нерухливий супорт гальмівного механізму. Поступальні жорсткі зупинники 13 та 36 обмежують відхід колодок при розгальмуванні механізму. Власне колодки з накладками позначаються масами 14 та 37. Ідеальні сенсори поступального руху 15 та 38 дозволяють відстежити деформації накладок (через конвертор 16 до блоку запису сигналу 17) та проконтролювати симетричність навантаження. Пружні властивості накладок моделюються блоками 20 та 41 – поступальна пружина, поглинаючі властивості – блоками 18 та 39 – поступальний демпфер, а блоки 19, 40 – поступальний жорсткий зупинник – обмежуються деформації накладок.

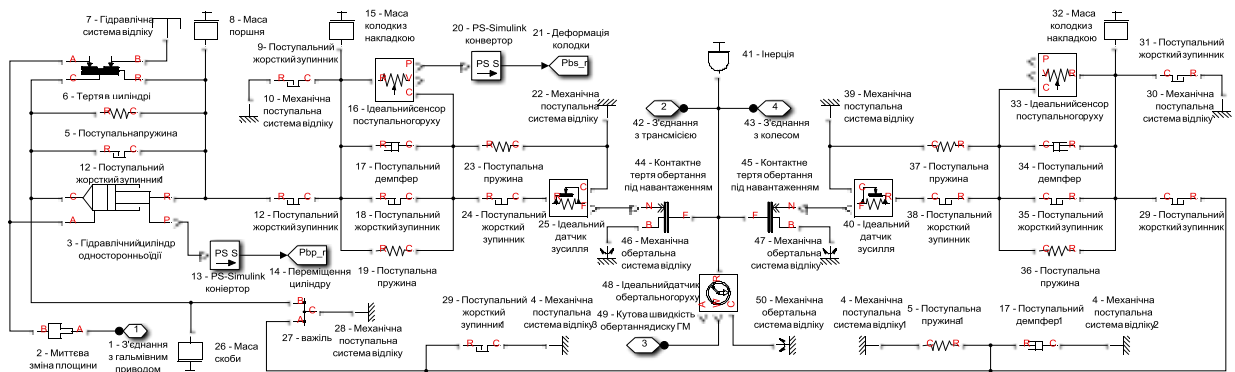


Рис. 3. Simscape-модель дискового гальмівного механізму з плавочою скобою.

Як видно, рух складових дискового гальма відбувається у протилежних напрямках. Тобто, сам циліндр 3 разом зі скобою мають сукупну масу 25. Важіль 26 забезпечує зміну напрямку передачі зусилля на праву сторону. Обмеження пересування скоби відносно супорту забезпечується поступальним жорстким зупинником 28. Поступальна пружина 31 і поступальний демпфер 32 моделюють пружно-дисипативний зв'язок з супортом механізму.

Поступальні жорсткі зупинники 23 та 43 забезпечують наявність зазору між накладками та диском, відведенню накладок слугують поступальні пружини 22 та 42.

Власне диск моделюється сенсорами 24 та 44, фіксованими відносно нерухливих систем відліку 21 та 45. Сигнали нормальних зусиль подаються на порти N блоків 46, 47 – контактне тертя обертання під навантаженням. Порти B фіксовані відносно механічних обертальних систем відліку 48, 49. Порти F об'єднані обертним зв'язком з сенсором обертального руху, з порту W якого через вихід 52 знімається кутова швидкість обертання диску інерцією 50. Елементи трансмісії під'єднуються до порту 54, а з'єднання з колесом відбувається через порт 55.

Модель складного гідравлічного блоку («Гідравлічний вузол»), що позначений позицією 1 на рис. 2, представлений та описаний в іншій статті, як активний підсилювач. Модель складається з моделі гальмівної педалі, головного гальмівного циліндру та активного підсилювача, що приводиться в дію електромагнітним клапаном.

На рис. 4 представлена модель під маскою електронного блоку керування (ECU), що позначений позицією 6 на рис. 4. Через блоки 1, 2, 3, 7 бездротової передачі сигнали від сенсорів переміщення педалі, швидкості переміщення педалі, сенсору системи активної безпеки та активатору системи BAS відповідно передаються до логічного контролеру 8. Блоки 4, 5, 6 затримують вхідні сигнали згідно запізнювання часу на його отримання та опрацювання. У логічному контролері згідно з потоком подій приймається рішення про необхідне значення напруги у електричному контурі. У блоці 9 відбувається кодування аналогового сигналу у широкоімпульсну модуляцію (ШІМ). Електричний контакт "+" 10 дозволяє підключитися безпосередньо до ланцюга соленоїду.

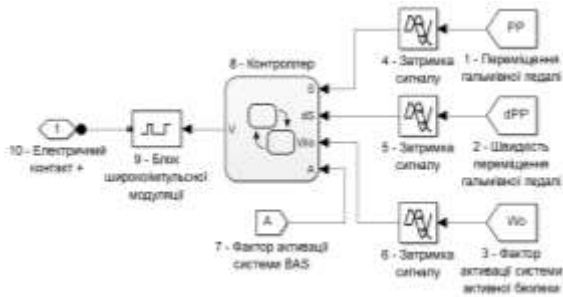


Рис. 4. Модель блоку ЕБК (ECU) соленоїду.



Рис. 5. Структурна Stateflow модель логічного контролера (рис. 4, поз. 9).

Розглянемо логічну Stateflow модель контролера (рис. 4, поз. 8), що розгорнута на рис. 5. При запуску моделі системи блок **Activator** активується, а разом із ним по замовчуванню – стан **Off** (вимкнено), при цьому значення напруги V дорівнює 0. Для переходу у стан **On** (ввімкнено) необхідно, щоб почався хід педалі ($S > 0.001$) або спрацював критерій W_0 системи активної безпеки і при цьому система була активованою (фактор $A=1$). Після активації стану **On** одночасно по замовчуванню активується і стан **Low_voltage** (низька напруга), який генерує значення 4 В. Цього достатньо, щоб викликати збудження магнітного поля у котушці соленоїду, але недостатньо для його активації. При умові, що швидкість переміщення педалі $dS > 0,15$ м/с або спрацюванні критерію W_0 , здійснюється перехід до активної фази стану **Hi_voltage** (висока напруга), який генерує значення 12 В. Після необхідного часу реагування, якщо швидкості руху педалі майже нема ($dS \leq 0,15$ м/с) та водночас немає перевищення критерію системи активної безпеки, знову активується стан **Low_voltage**. Тільки коли педаль повертається у початкове положення та W_0 дорівнює нулю, активується стан **Off** (вимкнено), а стан **On** дезактивується. При цьому вихідна напруга становиться рівною 0.

Таким чином, алгоритм активується двома способами: безпосередньою участю водія при критичній швидкості переміщення педалі, та незалежно від водія при перевищенні граничного значення сигналу від сенсора системи активної безпеки, наприклад ESP.

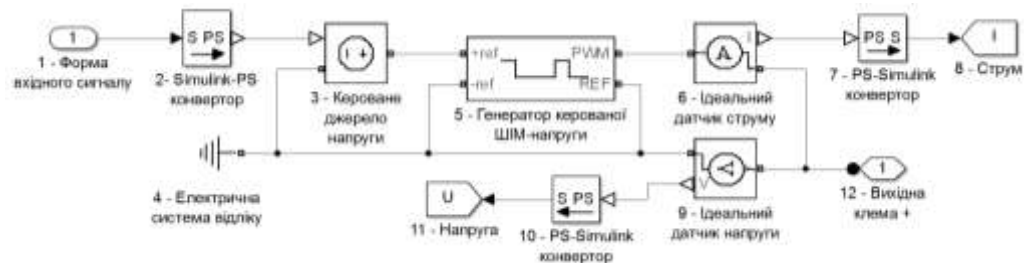


Рис. 6. Структурна Simulink/Simscape модель ШІМ-модулятора (рис. 4, поз. 10).

Розглянемо ШІМ-блок. Необхідна амплітуда напруги від логічного контролера приходить у блок 1 - форма вхідного сигналу. У конверторі 2 сигнал набуває розмірності та подається у порт блоку керованого джерела напруги 3. Порт "-" підключено до маси блоком електричної системи відліку 4. Порт "+" підключений до порту **+ref** блоку генерації ШІМ-напруги 5, а порти **-ref** та **REF** – до маси 4. Порт **PWM** (pulse width modulation) генерує ШІМ-сигнал, струм якого оцінюється сенсором 6, а напруга – сенсором 9. Значення струму та напруги після конвертації у віртуальні сигнали (блоки 7, 10) виводяться до загальних вихідних даних через блоки бездротової передачі 8, 11 відповідно.

Результати досліджень. Для перевірки ефективності запропонованої моделі виконаємо імітацію гальмівної динаміки легкового автомобіля з системою BAS в двох режимах. В якості об'єкту моделювання був вибраний легковий автомобіль Audi A4. Умови тестування: початкова швидкість – 80 км/год; коефіцієнт зчеплення шин з дорогою – 0,9.

Перший тест полягає в імітації екстремного гальмування автомобіля від зусилля водія на педалі. Закон зусилля на педалі представлений на рис. 7. Як видно зусилля в даному випадку має швидкий характер наростання і не перевищує приблизно 30 Н. Цього зусилля достатньо лишу

щоб відкрити атмосферний клапан (рис. 8). Тиск у гальмівних контурах в даному тесті досягає 7 МПа (рис. 9), що дозволяє отримати гальмівний шлях рівний 48,4 м (рис. 10).

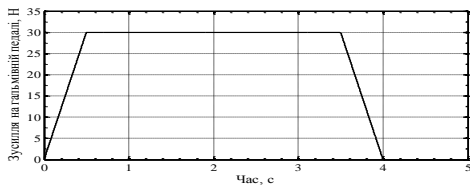


Рис. 7. Графік закон зусилля на педалі.

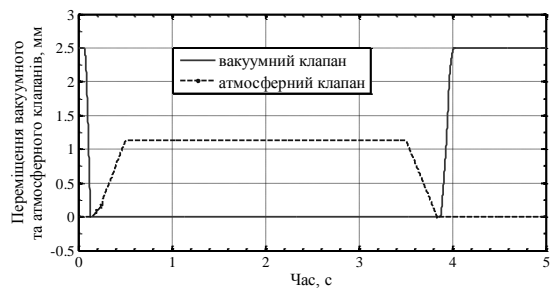


Рис. 8. Графік переміщення вакуумного та атмосферного клапанів.

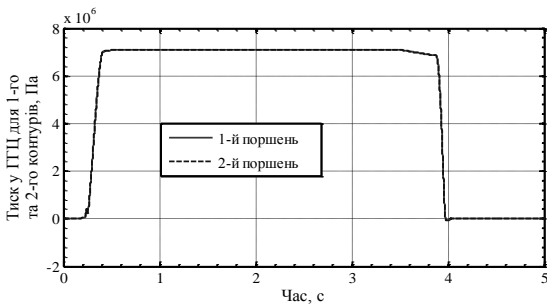


Рис. 9. Графік тиску ГГЦ для 1-го та 2-го контурів.

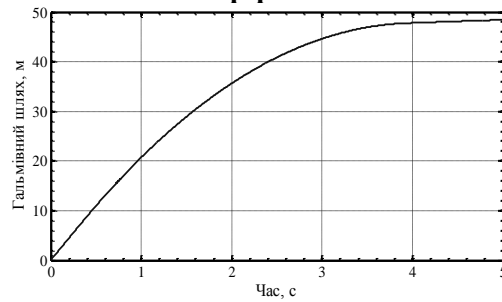


Рис. 10. Графік гальмівного шляху.

Другий тест – з активною системою екстренного гальмування. Закон зусилля на педалі аналогічний. Система екстренного гальмування реагує на швидкість переміщення гальмівної педалі. На графіку (рис. 11) видно, що швидкість переміщення гальмівної педалі досягає 0,15 м/с. На рис. 12 та 14 видно відкриття атмосферного клапану за допомогою переміщення соленоїда. Сила струму досягає 1,5 А (рис. 13) для активації та переміщення соленоїда. При цьому величина тиску у гальмівних контурах не змінилась у порівнянні з першим тестом, але характеристика зростання тиску стала більш різка (рис. 15). Гальмівний шлях становить 46,2 м (рис. 16).

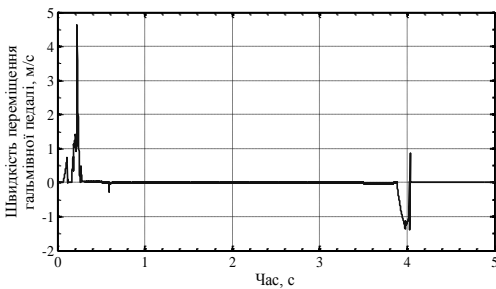


Рис. 11. Графік швидкості переміщення педалі.

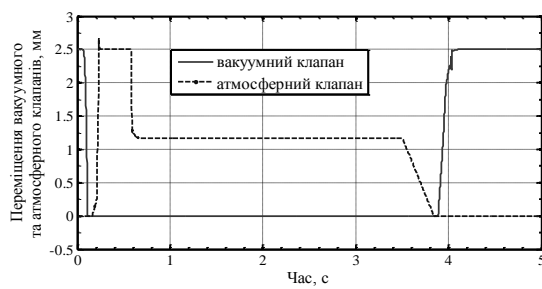


Рис. 12. Графік переміщення вакуумного та атмосферного клапанів

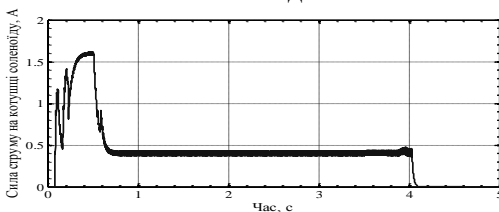


Рис. 13. Графік сили струму на котушці соленоїду.

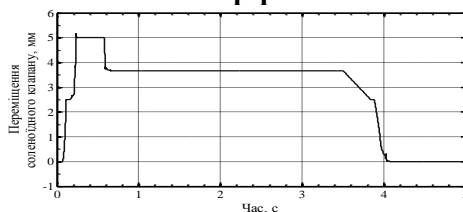


Рис. 14. Графік переміщення соленоїдного клапану.

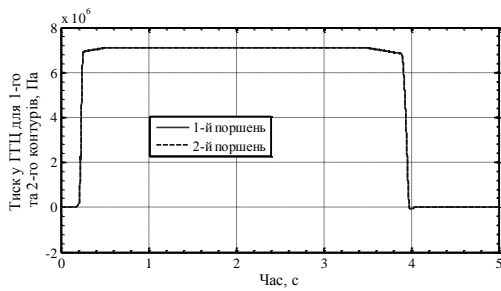


Рис. 15. Графік тиску ГГЦ для 1-го та 2-го контурів.

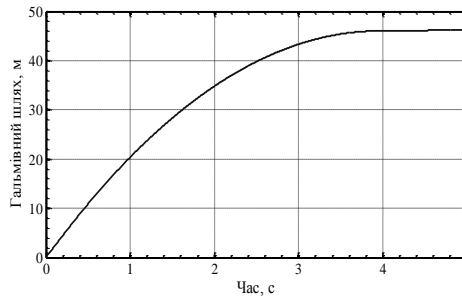


Рис. 16. Графік гальмівного шляху.

Висновки. Результати моделювання демонструють ефективність імітаційної моделі гальмівної динаміки легкового автомобіля з системою типу BAS. Гальмівний шлях зменшився на 2,2 м у порівнянні з гальмуванням без системи екстреного гальмування. Також система типу BAS може функціонувати без втручання водія, за допомогою активації від датчика системи типу ESP (або іншої системи активної безпеки).

При аналізі моделі необхідно помітити, що кожен базовий блок, з яких складаються структурні елементи, має декілька параметрів. Багатопараметричність моделі виступає як недоліком при узгодженні всіх підсистем між собою, так і перевагою – параметризація моделі створить умови для прискорення та удосконалення інжинірингу в сфері систем активної безпеки легкового автомобільного транспорту.

1. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть: Учеб. пособие для вузов / А.И. Гришкевич, Д.М. Ломако, В.П. Автушко и др.; Под ред. А.И. Гришкевича. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 200 с.: ил.
2. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. – М.: Машиностроение, 1980. – 231 с., ил.
3. R. Rajamani. Vehicle dynamics and control. Mechanical engineering series. – USA, New York: Springer science + Business Media Inc., 2006. – 485 p. – ISBN 0-387-26396-9.
4. B.T. Fijalkowski. Automotive mechatronics: Operational and practical issues. Volume 1. INTELLIGENT SYSTEMS, CONTROL, AND AUTOMATION: SCIENCE AND ENGINEERING. – Springer science + Business Media B.V. 2011. – 612 p. – ISBN 978-94-007-0408-4.
5. Петренко Д.І. Моделювання гальмівної динаміки легкового автомобіля з урахуванням імітаційної моделі гальмівної системи / Збірник наукових праць: Вісник Севастопольського національного технічного університету. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. Вип. 143 – Севастополь: СевНТУ, 2013, С. 176 – 180.
6. Simscape examples. [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/examples/index.html>.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2014

УДК 656.13

В.П.Поліщук, К.В.Дмитрієвська
Національний транспортний університет
ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ
ДОРОЖНЬОГО РУХУ

На основі статистичних даних про рівень безпеки на дорогах України проведена оцінка соціальних і транспортних ризиків та визначення тенденцій розвитку ситуації.

Ключові слова: аварійність, безпека дорожнього руху, автомобілізація, транспортний ризик, соціальний ризик, ДТП

Рис 8. Літ 10.

В.П.Полищук, Е.В.Дмитриевская
К ВОПРОСУ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

На основании статистических данных про уровень безопасности на дорогах Украины проведена оценка социальных и транспортных рисков и определены тенденции развития ситуации.

Ключевые слова: аварийность, безопасность дорожного движения, автомобилизация, транспортный риск, социальный риск, ДТП

V. Polishchuk, K. Dmytriyevska
BY QUESTION ABOUT IMPROVEMENT METHODS EVALUATION OF ROAD SAFETY

One of the most pressing social problems in Ukraine becomes continuous growth of accidents on the roads of the country, its regions and cities. Ukraine currently ranked fifth in Europe in the death rate due to traffic accidents. Regional factors have a significant impact on the organization of traffic on the roads. Find and evaluate the impact of regional factors on road safety can be achieved by the study of the dynamics of accidents and major causes of road traffic accidents in the regions. To identify the main causes of the high rate of accidents important scientific assessment and monitoring of the dynamics of change the main accident rate on the road transport. With the characteristics of the transport and social risks of a comparative analysis of the impact of rising motorization traffic safety in the regions of Ukraine. Were isolated most unfavorable regions having a maximum annual average index number of deaths in traffic accidents and with a high level of motorization. Presented trends of road safety in Ukraine in 2009 and 2012, as the dependence of the transport risk from the level of motorization. During the same period shows the trend level of road safety as a dependence social risk from the level of motorization.

Key words: accidents, road safety, car ownership, traffic risk, social risk, traffic accidents

Вступ

Травми та смертність людей як наслідок ДТП стає однією з головних проблем у всьому світі. Згідно Доповіді ВООЗ «Про стан безпеки дорожнього руху в світі» за показником смертності внаслідок ДТП Україна посідає п'яте місце в Європі [2].

На дорогах України за останні чотири роки відбулося 796212 дорожньо-транспортних пригод, з них 127811 з потерпілими, з яких 19667 загинуло і 156788 травмовано. Взагалі ми бачимо тенденцію зниження загальної кількості ДТП в середньому на 8,9% [9].

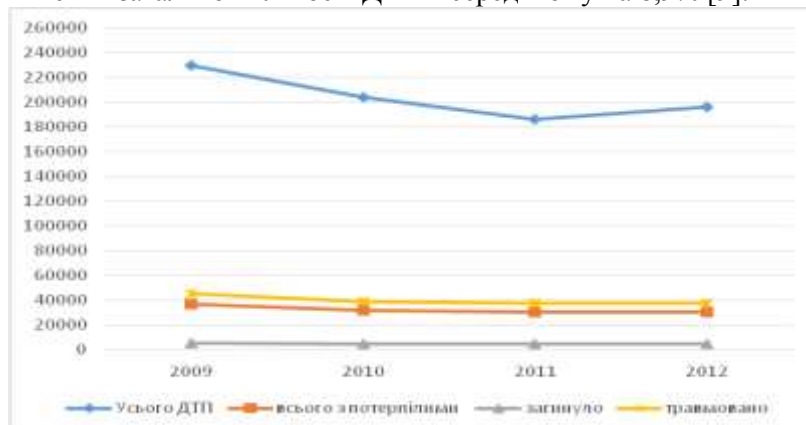


Рис.1. Динаміка змін основних показників ДТП України за період 2009-2012 роки

З представленої залежності випливає, що показник смертності на дорогах за останні 4 роки залишається на одному рівні. Загальна кількість ДТП протягом 2009-2011 років мала тенденцію до зниження, проте вже протягом 2011 року крива почала розворот у протилежний бік зростання.

Важливим фактором, що об'єктивно впливає на стан дорожньо-транспортної аварійності в країні є чисельність автопарку, а також рівень автомобілізації.

Високі темпи зростання кількості моторизованих транспортних засобів є однією з головних причин збільшення кількості ДТП. В період з 2009 по 2012 рік парк ТЗ збільшився втричі. Встановлено, що кількість загиблих в ДТП пов'язано з кількістю зареєстрованих транспортних засобів і чисельністю населення. [7].

Показниками, що відображають зв'язок рівня автомобілізації та чисельності населення є транспортний і соціальний ризики..

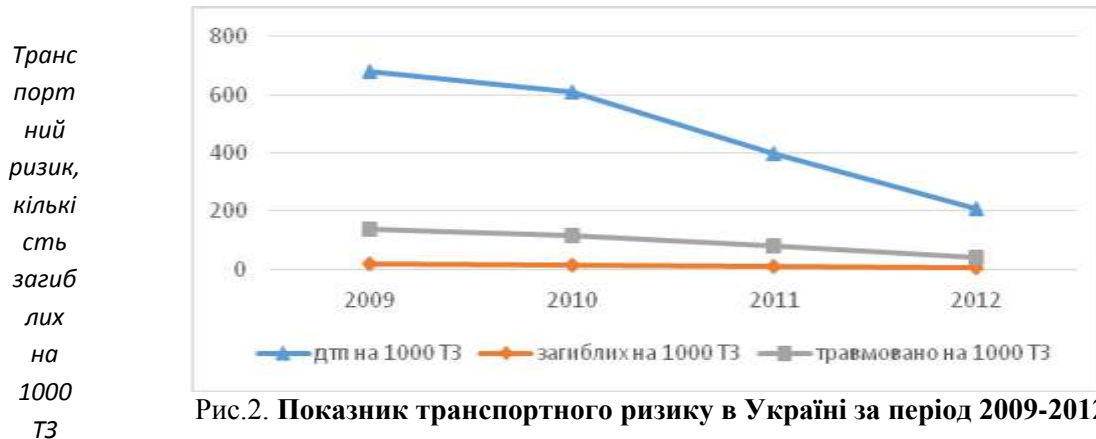


Рис.2. Показник транспортного ризику в Україні за період 2009-2012 роки

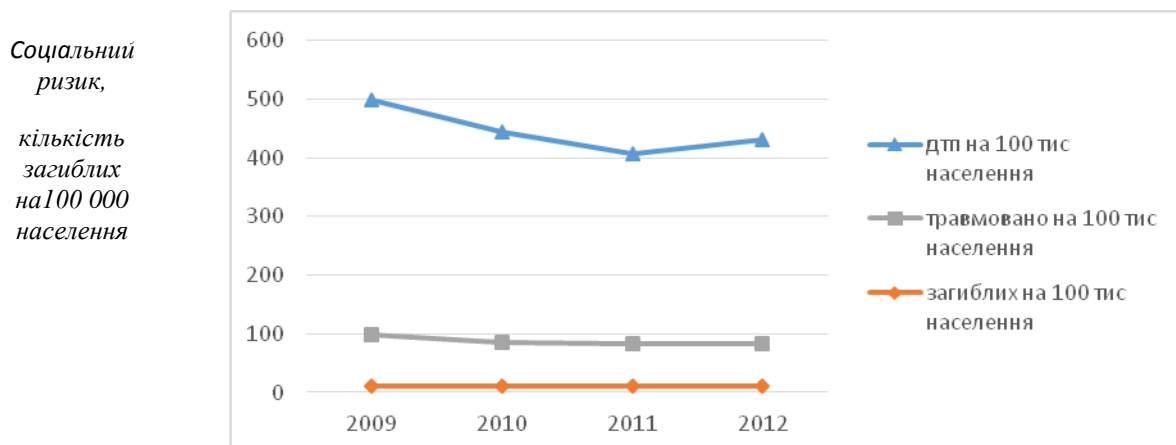


Рис.3. Показник соціального ризику в Україні за період 2009-2012 роки

Соціальний ризик в 2011 році зменшився порівняно з 2009 роком, проте вже у 2012 році спостерігається тенденція до зростання.

Зростання рівня автомобілізації, а особливо парку легкових автомобілів є характерною тенденцією як для районів, так і для міст України.

Великий вплив на організацію руху на дорогах чинять регіональні фактори [3]. Знайти і оцінити ступінь впливу регіональних факторів на безпеку дорожнього руху можливо шляхом дослідження динаміки аварійності і причин виникнення ДТП в регіонах країни.

При аналізі рівня і умов аварійності в окремих регіонах, слід враховувати особливості і відмінності порівняно з аналізом окремих ДТП.

Першою особливістю є відмінність цілей аналізу. Головна ціль обробки даних про одиничні ДТП є використання фізичних закономірностей для виявлення співвідношень між параметрами транспортного процесу: дорожніми умовами, транспортними засобами, діями учасників дорожнього руху та іншими факторами. Саме з цих параметрів отримують відповіді на такі питання - відповідають дії учасників дорожнього руху вимогам Правил дорожнього руху; чи мав водій технічну можливість уникнути ДТП; правильно діяли учасники дорожнього руху в аварійній

ситуації. На відміну від цього мета регіонального аналізу ДТП полягає в тому, щоб виявити чи є ті або інші явища масовими, які тенденції цих явищ, прогнозування цих явищ і як розподіляти наявні сили та засоби для покращення ситуації.

Друга особливість полягає в тому, щоб висновки і результати аналізу про причини і ступінь впливу окремих суб'єктів системи забезпечення безпеки дорожнього руху на аварійність руху, отриманих шляхом поєднання первинних даних про одиничні ДТП, змогли істотно відрізнитися від висновків і результатів аналізу, виконаного з врахуванням регіональних відмінностей в організації транспортного процесу. Така ситуація можлива, наприклад, в тих випадках, коли не залежно від дорожніх умов і якості організації руху, причини майже всіх аварій покладають на водіїв – порушників ПДД, що доволі часто має місце в реальному житті. Із цього витікає, що правильне уявлення про вплив тих чи інших факторів на безпеку дорожнього руху можливо отримати тільки абстрагуючись в певному сенсі від кожного конкретного ДТП, використовуючи для цього методи кореляційно-регресійного аналізу[6].

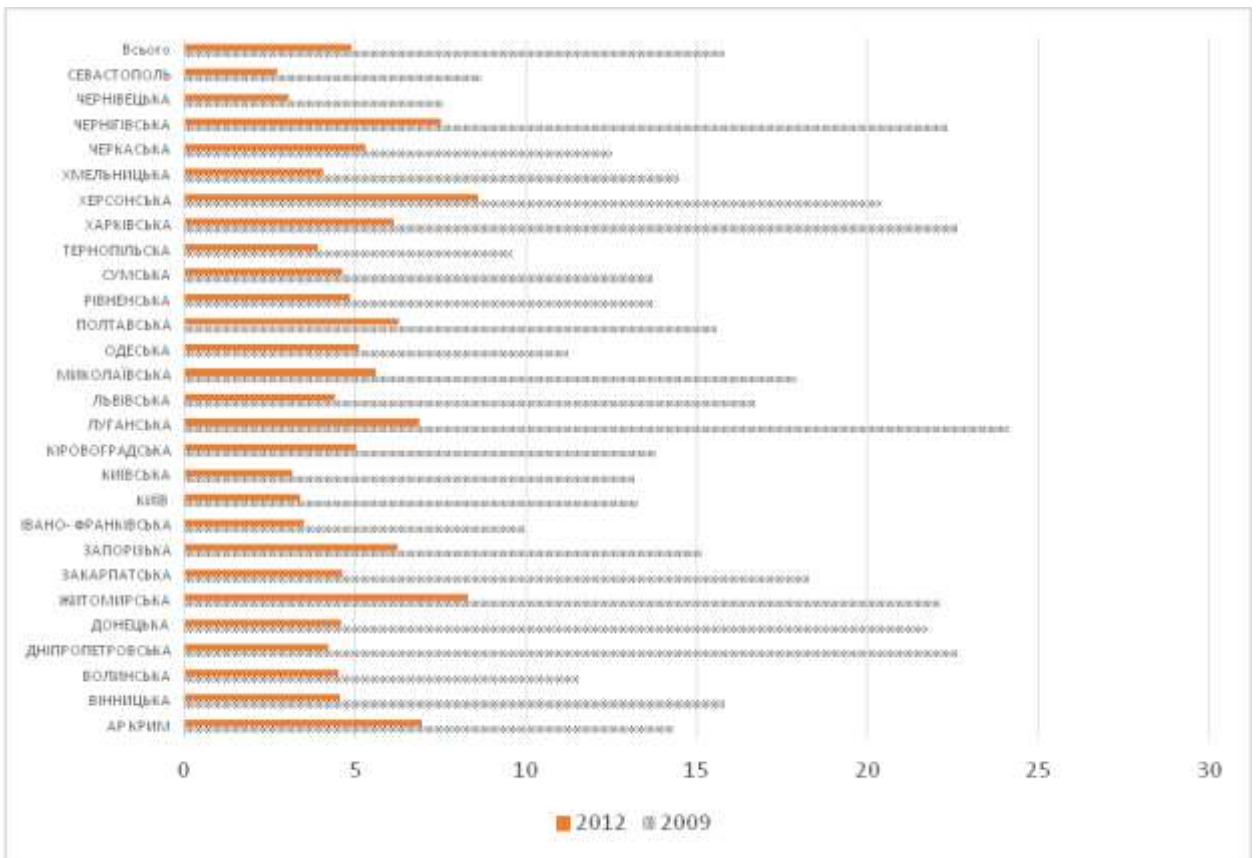


Рис.4. Транспортний ризик в регіонах України в 2009 і 2012 роках (кількість загиблих на 1000 автомобілів)

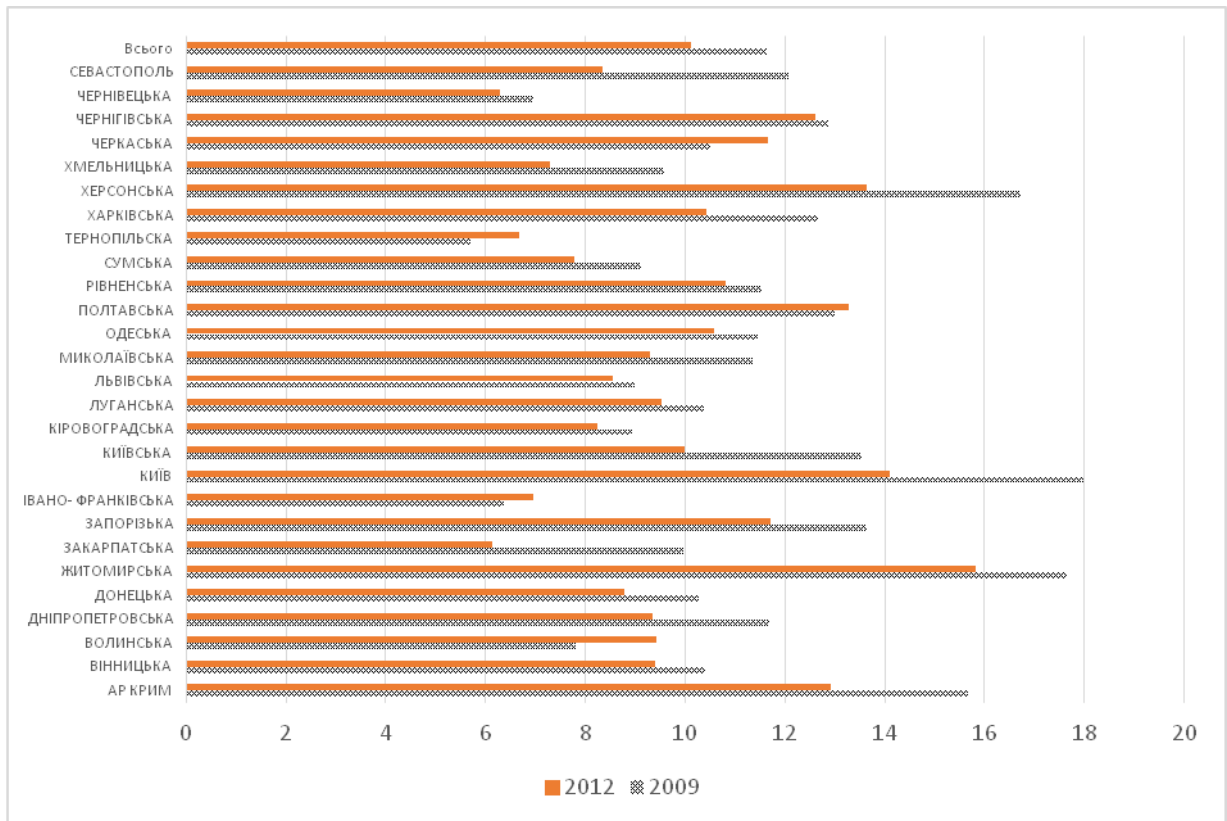
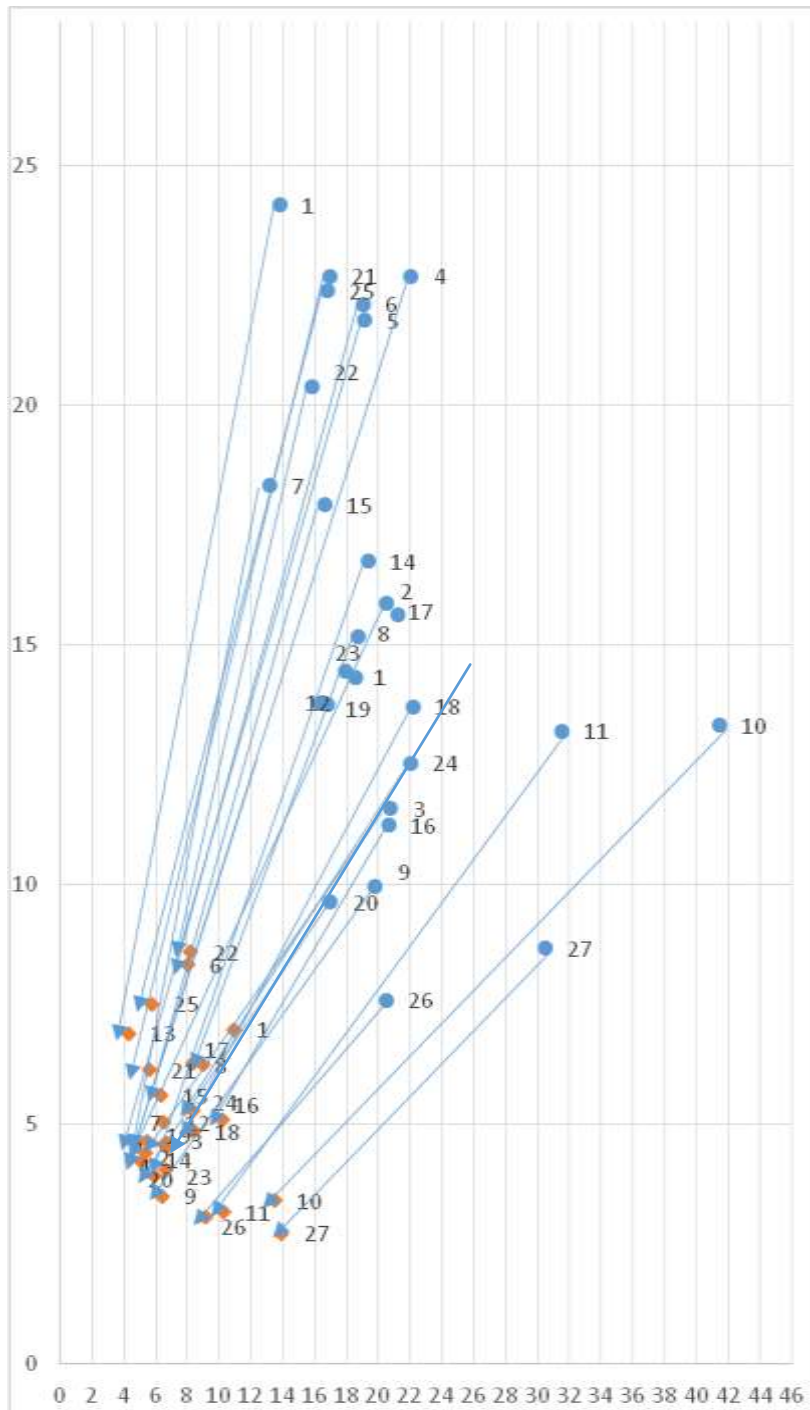


Рис.5. Соціальний ризик в регіонах України в 2009 і 2012 роках (кількість загиблих на 100 000 жителів)

Тенденція зміни рівня безпеки дорожнього руху в Україні в 2009 і 2012 роках, як залежність транспортного ризику від рівня автомобілізації показана на рис.6.

Тр
ан
сп
ор
тн
ий
ри
зи
к,
кіль
кі
сть
за
ги
бли
х
на



- 1 АР КРИМ
- 2 ВІННИЦЬКА
- 3 ВОЛИНЬСЬКА
- 4 ДНІПРОПЕТРОВСЬКА
- 5 ДОНЕЦЬКА
- 6 ЖИТОМИРСЬКА
- 7 ЗАКАРПАТСЬКА
- 8 ЗАПОРІЗЬКА
- 9 ІВАНО- ФРАНКІВСЬКА
- 10 КИЇВ
- 11 КИЇВСЬКА
- 12 КІРОВОГРАДСЬКА
- 13 ЛУГАНСЬКА
- 14 ЛЬВІВСЬКА
- 15 МИКОЛАЇВСЬКА
- 16 ОДЕСЬКА
- 17 ПОЛТАВСЬКА
- 18 РІВНЕНСЬКА
- 19 СУМСЬКА
- 20 ТЕРНОПІЛЬСЬКА
- 21 ХАРКІВСЬКА
- 22 ХЕРСОНСЬКА
- 23 ХМЕЛЬНИЦЬКА
- 24 ЧЕРКАСЬКА
- 25 ЧЕРНІГІВСЬКА
- 26 ЧЕРНІВЕЦЬКА
- 27 СЕВАСТОПОЛЬ

Рівень автомобілізації, кількість ТЗ на 1000 населення

• 2009 рік

Рис.6. Тенденція зміни транспортного ризику в регіонах України в 2009 і в 2012 році

◊ 2012 рік

Аналіз тенденції зміни транспортних ризиків по регіонах України показав що в усіх регіонах України відстежується тенденція зменшення транспортного ризику при збільшенні рівня автомобілізації. Тенденція зміни транспортних ризиків в Україні говорить про покращення безпеки руху за останні роки. Однак кількість загиблих в результаті ДТП залишається на високому рівні.

Тенденція зміни рівня безпеки дорожнього руху в 2009 в і 2012 роках, як залежність соціального ризику від рівня автомобілізації показано на рис.7.

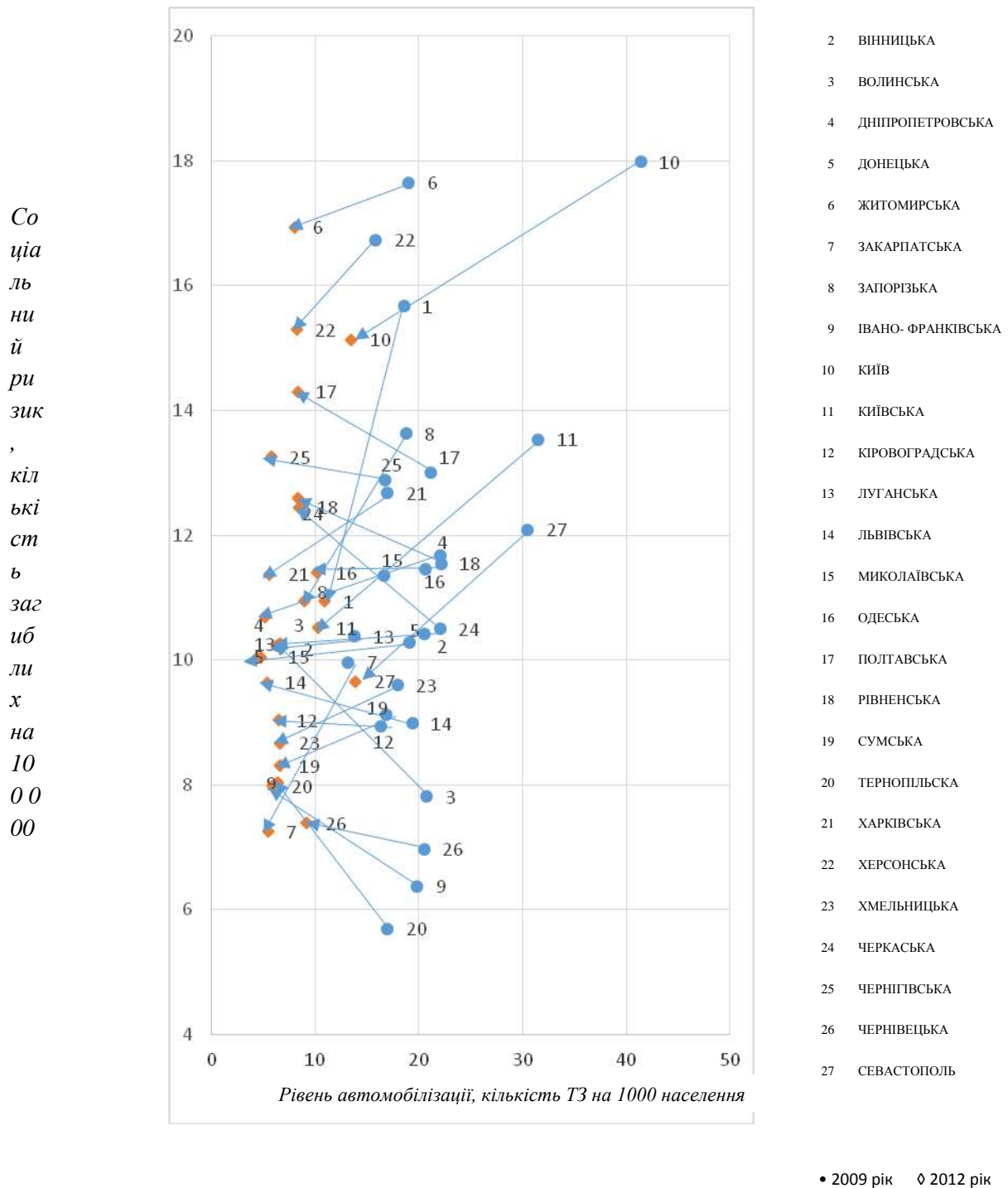


Рис.7 Тенденція зміни соціальних ризиків в регіонах України в 2009 та 2012 роках

Аналіз тенденції зміни соціальних ризиків показав що 10 регіонів (36%) мають тенденцію до зростання, показуючи збільшення соціального ризику при збільшенні рівня автомобілізації: Волинська (3), Івано-Франківська (9), Кіровоградська (12), Львівська (14), Полтавська (17), Рівненська (18), Тернопільська (20), Черкаська (24), Чернігівська (25), Чернівецька (26). В усіх інших регіонах спостерігається незначне зниження соціального ризику, але загалом становище по країні в цілому залишається несприятливим.

Висновки

В результаті обробки статистичних даних про рівень аварійності в Україні та регіонах були проаналізовані тенденції зміни соціальних та транспортних ризиків. Встановлено, що у всіх регіонах спостерігається тенденція до зниження транспортних ризиків при збільшенні рівня

автомобілізації. Соціальний ризик збільшився з 2009 по 2012 рік в 36% регіонів, що розглядалися.

В цілому в проаналізованих регіонах України відбулося невелике покращення рівня безпеки руху за останні роки, проте на сьогоднішній день стан в країні з безпеки руху все ж залишається на незадовільному рівні.

Тому необхідно проводити подальше спостереження та аналіз даних про ДТП з метою визначення закономірностей впливу зростаючого рівня автомобілізації на показник тяжкості ДТП у регіонах.

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
2. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2013 г.-
3. Нгуен Фи Тхыонг. Методические определения материального ущерба от дорожно-транспортных происшествий в СРВ. Дис... канд. экон. наук.- М., 1998, 123 с.
4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организация движения. – М.: Транспорт. 1977. – 303 с.
5. Справочная энциклопедия дорожника, том VII — Безопасность дорожного движения. / Под ред. Сильянова В.В. - М.- 2009, 432с.
6. Статистические методы изучения ДТП. Реф. журнал «Организация и безопасность дорожного движения», № 7, 1981.
7. Уткин А.В. Тенденции развития БДД в регионах России / А.В. Уткин И Транспорт: наука, техника, управление. - 2007. - № 9.- С. 55-56.
8. <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Державна служба статистики України)
9. <http://www.sai.gov.ua/> (Департамент ДАІ МВС України)
10. <http://www.roadsafety.org.ua/> (Асоціація з безпеки дорожнього руху)

Стаття надійшла до редакції 26.05.2014

УДК 621.436

А.П.Поляков, О.О.Галушак
Вінницький національний технічний університет
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ «ДВИГУН – СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ
СУМІШНО ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ»

В даній статті розглядається математична модель системи «двигун – система живлення сумішню дизельного та біодизельного палив». Наведена методика визначення раціонального відсоткового складу суміші за умови максимального використання біодизельного палива та забезпечення необхідних параметрів роботи двигуна.

Ключові слова: біодизельне паливо, дизельне паливо, суміш, динамічне корегування відсоткового складу, математична модель, система живлення.

Рис 1. Форм 16. Літ 13

А.П.Поляков, А.Галушак
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ «ДВИГАТЕЛЬ - СИСТЕМА ПИТАНИЯ
СМЕСЬЮ ДИЗЕЛЬНОГО И БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА»

В данной статье рассматривается математическая модель системы «двигатель - система питания смесью дизельного и биодизельного топлив». Приведена методика определения рационального процентного состава смеси при максимального использования биодизельного топлива и обеспечения необходимых параметров работы двигателя.

Ключевые слова: биодизельное топливо, дизельное топливо, смесь, динамическая корректировка процентного содержания, математическая модель, система питания.

A.Polyakov, O.Galushchak
MATHEMATICAL MODEL OF «ENGINE - POWER SUPPLY SYSTEM WITH A MIXTURE
OF DIESEL AND BIODIESEL»

Biodiesel has not gained widespread because it is more commonly used mixture with diesel fuel. However, mixtures with a low content of biodiesel cannot fully use the potential of biodiesel, but increased its content in the mixture manifests its negative aspects. Therefore, this article is devoted to the definition of rational percentage composition of the mixture depending on the operating mode of the engine.

This paper deals with a mathematical model of the system "Engine - power supply system with a mixture of diesel and biodiesel fuels." Power system provides a dynamic change in the percentage composition of biodiesel and diesel fuels.

This definition of rational percentage of the mixture of biodiesel and diesel fuel, provided the maximum use of biodiesel. The resulting mixture should provide equivalent characteristics and specifications when operating on diesel fuel. The criteria for evaluation were taken power and duration of injection and combustion of fuel mixture, that determine the content of biodiesel in the blend and cyclic fuel supply.

Dynamic management of percentage structure somewhat complicates the construction, but also provides an opportunity to make the most of the advantages of each of the fuels. The system is universal, as an alternative you can use other fuels. Knowing their chemical and physical properties, the mathematical model provide the necessary operating parameters of the engine power.

Keywords: biodiesel, diesel fuel, blend, dynamic correction percentage structure, the mathematical model of the system power.

Постановка проблеми

В часи тотальної залежності економік країн світу від енергетичних ресурсів Україна не повністю ними забезпечена, імпорт енергоносіїв складає 43 % від загальних потреб. Величина щорічного видобутку вуглеводнів за останні роки в середньому становила 4 млн тон нафти з газовим конденсатом і 18 млрд м³ природного газу, що дорівнює відповідно 10 і 20% споживаних країною. Одним з найбільших споживачів рідких нафтових палив та забрудників навколишнього середовища є автомобільний транспорт. Великий попит на нафтові палива спричиняє ріст цін на паливо, які майже щодня б'ють світові рекорди. З метою зниження витрат нафтових палив проводиться багато досліджень одне з цих напрямків є дослідження альтернативних палив. Тому основним завданням сучасності є пошук альтернативних відновлюваних видів палива, які б могли частково, а в подальшому повністю, замінити традиційні палива викопного походження. На сьогоднішній день питання використання альтернативних палив є перспективним напрямом, це дозволяє не тільки зменшити експлуатаційні витрати ефект, а й зменшити кількість шкідливих викидів.

Україна має потужний потенціал у виробництві біопалив, зокрема біодизельного (БП), починаючи від вирощування сировини - закінчуючи кінцевим продуктом (біодизельним паливом). Сировиною для виробництва біодизельного палива можуть бути різні рослинні олії, в умовах держави доступними є ріпакова та відпрацьована соняшникова.

©А.П.Поляков, О.О.Галушак

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Використання БП для дизелів розглядається вже багато років, є досить багато напрацювань в цьому напрямку. Вчені в роботах [1-9] розглядали вплив на техніко-економічні та екологічні показники дизеля чистого БП та його суміші з дизельним паливом (ДП). Але більшість досліджень проводились при використанні сумішей з постійним відсотковим складом суміші БП та ДП.

При використанні сумішей з малим відсотковим вмістом БП не повністю реалізує всі переваги біодизельного палива при використанні сумішей з великим відсотковим вмістом БП проявляються його негативні сторони. Тому доцільно використовувати системи живлення зі змінним відсотковим складом суміші палив в залежності від навантаження на двигун.

Дана стаття присвячується розробці математичної моделі системи «двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» з динамічним керуванням відсоткового складу суміші ДП та БП.

Основні результати дослідження

На теперішній момент широко застосовується проведення наукових досліджень не на реальних об'єктах, а на математичних моделях, якими ці об'єкти описуються із заданою вірогідністю і точністю [10]. А натурні експерименти на об'єктах проводяться для отримання вихідних даних, які використовуються в математичних моделях та для підтвердження адекватності математичних моделей. А далі досліджується математична модель. Один і той же об'єкт можна описати різними математичними моделями в залежності від цілей і завдань дослідження.

Математичне моделювання дозволяє проводити дослідження необмежену кількість раз за різних вхідних даних, при цьому відпадає потреба в натурних експериментальних дослідженнях, що дає можливість економити значні кошти, тому математичне моделювання набуло широкого розповсюдження.

У Вінницькому національному технічному університеті на кафедрі «Автомобілі та транспортний менеджмент» проводяться наукові дослідження, щодо використання суміші ДП та БП для дизеля, при цьому розробляється система зміни відсоткового складу суміші палив в залежності від режимів роботи дизеля. Тому виникає потреба в дослідженнях впливу на техніко-економічні та екологічні показники використання суміші ДП та БП на дизелі з урахуванням сумішоутворення та горіння на перехідних режимах при збереженні потрібних технічних показників. Для проведення такого дослідження розроблена математична модель. Для моделі прийнято назву «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» (ДСЖС). Під «система живлення сумішшю...» розуміється система живлення сумішшю ДП та БП з динамічним керуванням відсоткового складу, тобто при зміні моменту навантаження на дизель, змінюється відсотковий склад суміші палив.

На рисунку 1 зображено структурну схему системи живлення двигуна сумішшю дизельного та біодизельного палив з динамічним керуванням відсоткового складу. За основу було взято акумуляторну систему живлення "Common Rail" [11]. Схема складається з дизеля та системи живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив, до якої в свою чергу входять два паливних бака, два фільтра грубої очистки (ФГО), два паливних насоси низького тиску (ПННТ), два фільтра тонкої очистки (ФТО) для дизельного та біодизельного палив відповідно та підігрівач біодизельного палива, змішувач, паливний насос високого тиску (ПНВТ), акумулятор палива, форсунки, три електромагнітні клапани та бачок для зворотного палива. Обробляє всі дані електронний блок керування (ЕБК). Змішувач включає в себе регулятор відсоткового складу ДП та БП та змішувач цих палив.

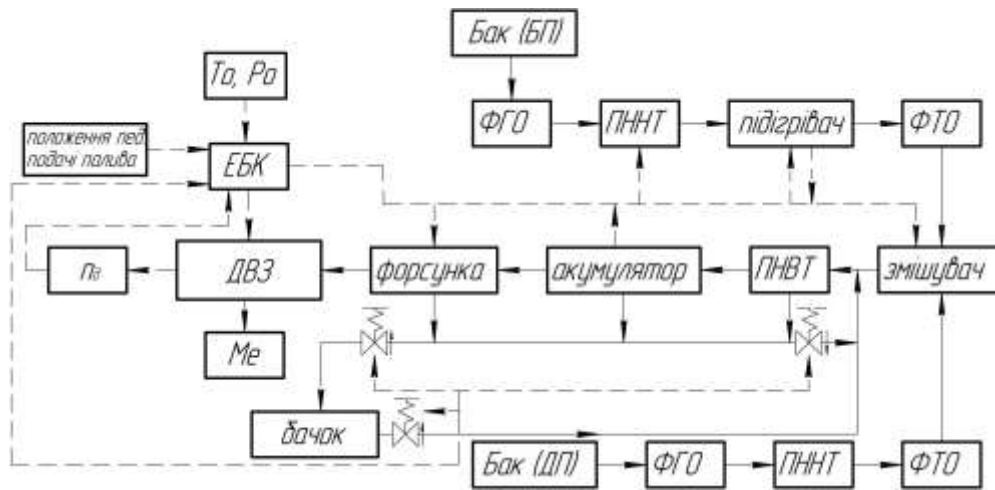


Рис. 1. Функціональна схема системи ДСЖС

Система працює наступним чином: двигун запускається на дизельному паливі і продовжує працювати на ньому поки двигун, а саме його охолоджувальна рідина, не прогріється до робочої температури. Після цього вступає в роботу змішувач, який враховуючи інертність системи при зміні відсоткового вмісту палива, забезпечує раціональний відсотковий склад суміші. Система зворотної подачі невикористаного палива модернізується і замість того, щоб зливати невикористане паливо в бак, воно потрапляє назад в систему живлення після змішувача, перед паливним насосом високого тиску. Це запобігає змішуванню чистих палив з робочими сумішами. Перед тим, як зупинити двигун система живлення зливає приготовлену суміш палив у бачок для зворотного палива та наповнює чистим дизельним паливом всю систему, що забезпечить легкий пуск двигуна навіть за низьких температур. Підігрівач забезпечує підвищення температури біодизельного палива до необхідної, чим наближає його фізичні властивості до властивостей дизельного палива, за нормальних умов. Необхідна температура визначається при врахуванні температури навколишнього середовища.

До системи входять 3 підсистеми першого рівня:

а) силова установка, яка складається з дизеля та системи живлення сумішшю ДП та БП до якої свою чергу додано ще один паливний бак, фільтр грубої очистки, паливний насос низького тиску, підігрівач, фільтр тонкої очистки та змішувач, бачок для зворотного палива;

б) електронний блок керування, який складається самого блоку керування датчиків та виконавчих механізмів;

в) навколишнє середовище, представлене температурою, тиском та густиною повітря.

Система ДСЖС - це складна система в математичну модель якої входять ряд підсистем, кожна з яких може бути описана своєю математичною моделлю. Всі ці моделі об'єднані в одну загальну модель ДСЖС.

У математичній моделі враховані такі особливості системи живлення дизеля сумішшю БП і ДП:

а) дизель може працювати як звичайний дизель на ДП так і на суміші ДП і БП;

б) в процесі прогрівання двигуна він працює на ДП;

в) при максимальній потужності двигун працює на ДП;

г) при зупинці роботи двигуна робоча суміш зливається в бачок для зворотного палива, а система живлення наповнюється ДП.;

д) два види палива змішуються в змішувачі, який знаходиться безпосередньо перед ПНВТ.

е) при роботі на суміші дизель працює одночасно на двох видах палив, що знаходяться в одному агрегатному стані. У цих палив різна нижча теплота згорання. Причому співвідношення між кількостями БП і ДП по швидкісній характеристиці змінюється в широких межах.

В математичній моделі прийняті наступні припущення:

а) при роботі дизель максимально використовує БП;

б) паливо, що надходить в систему, не стискається і не містить нерозчиненого в ньому повітря;

в) перемішування палив у змішувачі ідеальне;

г) вирівнювання температури палив в суміші після змішування відбувається миттєво;

д) в циліндрі відбувається повне згорання палива;

є) впорскування палива в циліндри дизеля безінерційне.

При роботі дизеля на його колінчастий вал діє момент навантаження. Ефективний крутний момент має врівноважити момент навантаження, тому можна записати:

$$M_e = M_n. \quad (1)$$

Годинна витрата палива:

$$G_n = N_e g_e. \quad (2)$$

Питома ефективна витрата палива:

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e}. \quad (3)$$

Ефективна потужність

$$N_e = \frac{\pi \cdot n_d \cdot M_e}{3 \cdot 10^4}. \quad (4)$$

Знаючи ефективний крутний момент та оберти двигуна можна визначити циклову подачу дизельного палива, для цього визначимо:

$$g_{цДП} = \frac{30 \cdot \tau \cdot G_{нДП}}{3,6 \cdot i \cdot n_d}, \quad (5)$$

де $g_{цДП}$ - циклова подача палива кг/цикл; i - число циліндрів двигуна; τ - показник тактності двигуна, G_n - годинна витрата палива.

Визначивши циклову подачу ДП, розраховується кількість тепла, що отримується від її згорання:

$$Q = H_{цДП} \cdot q_{цДП}. \quad (6)$$

Дизель працює одночасно на двох паливах. Кількість теплоти, що міститься в суміші двох палив, дорівнює сумі кількостей теплоти, що міститься в кожному з них. Знаючи співвідношення між кількостями палив можна розрахувати теплоту згорання суміші.

На підставі цього в математичній моделі для зручності розрахунків визначається нижча теплота згорання суміші:

$$H_u = n_{ДП} \cdot H_{цДП} + n_{БП} \cdot H_{цБП} = H_{цДП} - n_{БП} \cdot (H_{цДП} - H_{цБП}), \quad (7)$$

де $H_{цДП}$ - нижча теплота згорання ДП, $H_{цБП}$ - нижча теплота згорання БП, $n_{ДП}$, $n_{БП}$ - частка ДП та БП в суміші, відповідно.

Знаючи вміст БП в суміші (для початку $n_{БП}$ приймається рівним одиниці, тобто чисте біодизельне паливо) визначається циклова подача суміші:

$$q_u = \frac{H_{\text{вдп}} \cdot q_{\text{вдп}}}{H_u} \quad (8)$$

Наступним етапом відбувається перевірка, чи встигне така кількість палива впорскнутись та згоріти, для цього потрібно виконати наведені нижче розрахунки. Визначення тривалості впорскування та горіння, град. ПКВ:

$$\varphi_z = \varphi_{\text{впр}} - \Delta\varphi_i + \varphi_z, \quad (9)$$

де. $\varphi_{\text{впр}}$ - тривалість впорскування, $\Delta\varphi_i$ - період затримки запалення, φ_z - тривалість горіння суміші палив.

Залежність тривалості впорскування від циклової подачі представляється у вигляді, с. та в град. ПКВ [12]:

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{q_u}{\mu_c \cdot f_c \cdot \sqrt{2\rho_n} \cdot \sqrt{\Delta P}} \quad (10)$$

$$\varphi_{\text{впр}} = 6n_{\delta} \tau_{\text{впр}}$$

де μ_c - коефіцієнт витрати прохідних перетинів соплових отворів, f_c - площа поперечного перерізу соплових отворів; ΔP - різниця між середнім тиском впорскування і тиском навколишнього середовища; ρ_n - густина палива.

В процесі роботи двигуна для суміші визначається період затримки запалення в секундах та в градусах кута повороту колінчастого валу:

$$\Delta\varphi_i = (0,36 + 0,22 \cdot C_n) \cdot \exp \left(Ea \left(\frac{1}{R \cdot T_n \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}} - \frac{1}{17190} \right) + \left(\frac{21,2}{P_n \cdot \varepsilon^{n_1 - 12,4}} \right)^{0,63} \right) \quad (11)$$

де C_n – середня швидкість поршня, м/с; E_a - енергія активації палива, кДж/моль; $R = 8,31$ – газова стала для повітря, Дж/кг·К; T_n – температура газів в момент початку впорскування, К; ε - ступінь стиснення; n_1 – показник політропи стиску; P_n – тиск газів в момент початку впорскування, МПа.

Визначення енергії активації палива:

$$E_A = \frac{618840}{C + 25}, \quad (12)$$

де C – цетанове число палива [13]

Якщо тривалість впорскування та горіння суміші палив перевищує допустиму величину, в математичній моделі прийнято, що вміст БП в суміші зменшується на 1%, далі знов перевіряється умова відповідності тривалості впорскування та горіння суміші палив допустимим значенням і так до тих пір поки умова не буде виконуватись. Якщо ж тривалість впорскування та горіння суміші палив менше допустимої величини, вміст БП в суміші збільшується на 1%, далі знов перевіряється умова відповідності тривалості впорскування та горіння суміші палив допустимим значенням і так до тих пір поки умова не буде виконуватись.

Для порівняння паливної економічності двигунів, що працюють на суміші палив та на чистому ДП запропоновано переводити витрату палив в теплові одиниці. Для цього значення витрат палив множиться на нижчу теплоту згорання палив.

Часова витрата $Q_{БП}$ теплоти, що подається в двигун разом з біодизельним паливом визначається, кДж/год:

$$Q_{БП} = H_{убП} \cdot m_{БП}, \quad (13)$$

де $H_{убП}$ - нижча теплота згорання одного кг. БП; $m_{БП}$ – масова годинна витрата БП, кг/год

Приведена (еквівалентна) масова годинна витрата $G_{БП}$ БП, кг/год:

$$G_{БП} = Q_{БП} / H_{ц,ДП}. \quad (14)$$

Приведена циклова подача $q_{БП}$, БП, кг/цикл:

$$g_{цп} = \frac{G_{БП} \cdot \tau}{120 \cdot i \cdot n_d}, \quad (15)$$

де n_d - частота обертання колінчастого валу дизеля, хв⁻¹; i - число циліндрів дизеля; τ - тактність дизеля.

Сумарна циклова подача приведена до ДП $q_{сцп}$, кг/цикл:

$$q_{сцп} = q_{цп} + q_{цДП} \quad (16)$$

Порівнявши сумарну циклову подачу приведену до ДП та циклову подачу ДП за ідентичних режимів роботи оцінюється паливна економічність дизеля.

Проведені дослідження показали, що при збільшенні циклової подачі БП для забезпечення тієї ж кількості теплоти, що забезпечує ДП повітря в циліндрі буде достатньо для повного згорання БП. Це пояснюється тим, що в молекулярній структурі БП присутня більша кількість кисню ніж в ДП. Ця кількість кисню повністю компенсує збільшення циклової подачі.

Висновки. В даній статті наведена математична модель системи «двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив». Наведена методика визначення раціонального відсоткового складу суміші за умови максимального використання біодизельного палива та забезпечення необхідних параметрів роботи двигуна.

В подальшому планується проводити дослідження техніко-економічних та екологічних показників при зміні відсоткового складу суміші ДП та БП при зміні моменту навантаження.

1. Атамась А. І. Підвищення екологічних показників дизельного автомобіля під час використання біодизельного палива / А. І. Атамась, В. Ф. Шапко, С. В. Шапко – Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2012 (74). С. 126-130.
2. Звонов В.А. Исследование эффективности применения в дизельных двигателях топливных смесей и биотоплив / Звонов В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С. - Российский химический журнал. – 2008. – Т. 11, № 6. – С. 147.
3. Jindal S. Effect of injection timing on combustion and performance of a direct injection diesel engine running on Jatropa methyl ester / S. Jindal – International journal of energy and environment/Volume 2, Issue 1, 2011 P. 113-122.
4. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. [електроний ресурс] / Vozbas Kahraman – Published by Elsevier Ltd. p.4, 2005. Режим доступу до журн.: http://aoatools.aa.gr/pilotec/files/bibliography/biodiesel_in_europe2005-3865689856/biodiesel_in_europe2005.pdf
5. Семенов В.Г. Використання біодизельного палива у двигунах сільськогосподарського призначення / В.Г. Семенов, А.І. Атамаєв – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 77. – С. 375–379.
6. Ефанов А.А. Разработка комплексной технологии получения смесового топлива с улучшенными свойствами для дизельных двигателей : автореф. дис. На соискание научной степени канд. техн. наук / А.А. Ефанов. – М., 2008. – 18 с.
7. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. – Харьков: Новое слово, 2007. – 600 с.
8. Jinlin Xuea Effect of biodiesel on engine performances and emissions / Jinlin Xuea, Tony E. Grift, Alan C. Hansena - Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 1098–1116
9. Войтов В.А. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля / Войтов В.А., Даценко М.С., Карнаух М.В. – Техніка і технологія АПК. – 2009. – № 1. – С. 13–18.
10. Барабашук В.И. Планирование эксперимента в технике. / В.И. Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошниченко - К.: Техніка, 1984. - 198 с.
11. Грехов Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков - М.: Легион-Автодата, 2004. - 344 с.
12. Астахов И.В. и др. Подача и распыливание топлива в дизелях. Издательство: Машиностроение Год: 1971, 359 с.
13. Bernard Challen Diesel Engine Reference Book Second Edition / Bernard Challen, Rodica Baranescu - Typeset by Replika Press Pvt. Ltd., 100% EOU Delhi 110 040, India, 1999. ISBN 075062176

Стаття надійшла до редакції 01.05.2014

УДК 656.135

В.М.Придюк

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Для безпечного транспортування небезпечних вантажів автомобільним транспортом та удосконалення, здешевлення і спрощення процесу руху цих вантажів від виробника до споживача у роботі проведений аналіз транспортного процесу та шляхів підвищення ефективності використання автотранспортних засобів. Даний аналіз проведений з метою подальшого вирішення таких задач: правове регулювання перевезення небезпечних вантажів; покращення перевезень за рахунок оновлення рухомого складу; удосконалення існуючої схеми перевезень; оптимізація технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів.

Ключові слова: небезпечні вантажі, транспортний процес, ефективність, автотранспортний засіб, оптимізація.

Літ. 7.

В.М.Придюк

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Для безопасной транспортировки опасных грузов автомобильным транспортом и усовершенствования, удешевления и упрощения процесса движения этих грузов от производителя к потребителю в работе проведен анализ транспортного процесса и путей повышения эффективности использования автотранспортных средств. Данный анализ проведен с целью дальнейшего решения следующих задач: правовое регулирование перевозки опасных грузов; улучшение перевозок за счет обновления подвижного состава; совершенствование существующей схемы перевозок; оптимизация технологического процесса перевозки опасных грузов.

Ключевые слова: опасные грузы, транспортный процесс, эффективность, автотранспортное средство, оптимизация.

V.Prydiuk

ANALYSIS OF WAYS TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF MOTOR VEHICLES FOR THE CARRIAGE OF DANGEROUS CARGOES

For safe transportation of dangerous cargoes by road and improvements, reduction and simplification of the process of movement of totes from producer to consumer the analysis of the transport process and ways to improve the efficiency of vehicles is performed. This analysis was performed in order to solve the following problems: legal regulation of transport of dangerous cargoes; improvement of transportation by upgrading the rolling stock; improvement of the existing transport schemes; process of optimization of transportation carriage of dangerous cargoes.

Key words: dangerous cargoes, transport process, efficiency, vehicle, optimization.

Постановка проблеми. У системі автомобільних вантажних перевезень особливе місце займає транспортування небезпечних вантажів, яке є специфічним видом перевезень і заслуговує серйозного розгляду в усім світі. В європейських країнах для таких перевезень визначена спеціальна маршрутна мережа та відповідні правила.

З кожним роком в Україні посилюються правила перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом, удосконалюється техніка й технологія захисту навколишнього середовища. Частка вибухонебезпечних, пожежонебезпечних, отруйних, їдких та радіаційних речовин в загальному вантажообороті автомобільних перевезень постійно збільшується. Недотримання вимог законодавства у сфері забезпечення безпечного перевезення небезпечних вантажів може викликати порушення життєдіяльності великих територій, здатне привести до техногенних і екологічних катастроф, важким наслідкам для життя і здоров'я людей.

Небезпечні речовини найбільшу небезпеку представляють при їх перевезенні, де вони можуть піддаватися дії зовнішніх сил, таких як удар, тертя, висока температура і ряд інших чинників, здатних викликати аварії і інші неконтрольовані процеси.

Процес транспортування небезпечних вантажів автомобільним видом транспорту потребує постійного удосконалення, здешевлення й спрощення.

Аналіз останніх досліджень. Відомо ряд наукових робіт, які присвячені дослідженню перевезень небезпечних вантажів [1,3,4,7]. Ефективність використання автотранспортних засобів при виконанні транспортного процесу досліджена у роботі Квитко Х.Д. [2]. У роботі Самісько Д. М. проведений аналіз існуючих методів удосконалення транспортного процесу.

Формування національної маршрутної мережі перевезень небезпечних вантажів по дорогам загального користування розглядається у науково-дослідних роботах Національного транспортного університету, а саме у роботі Воркута А.І. [5]. Мережа автомобільних доріг не відповідає європейським вимогам перевезень небезпечних вантажів [6].

Мета роботи. Провести аналіз транспортного процесу перевезення небезпечних вантажів та шляхів підвищення ефективності використання автотранспортних засобів з метою подальшого вирішення таких задач: правове регулювання перевезення небезпечних вантажів з метою усунення розбіжностей у внутрішньому та європейському законодавстві; покращення перевезень за рахунок оновлення рухомого складу, виконуючи вимоги до стану і конструкції транспортних засобів, їх устаткування, термінів експлуатації; удосконалення існуючої схеми перевезень небезпечних вантажів; оптимізація технологічного процесу перевезення небезпечних речовин.

Основна частина. На території України знаходяться багато радіоактивно небезпечних об'єктів, хімічно небезпечних об'єктів (підприємства хімічної, газодобувної, целюлозно-паперової, текстильної промисловості, хімкомбінати і т.п.), велика кількість вибухонебезпечних та пожежонебезпечних об'єктів (склади зберігання ПЗМ, автозаправні станції і т.п.).

На цих об'єктах добувають, переробляють, транспортують, зберігають велику кількість різних шкідливих речовин, які при перевезенні прийнято відносити до небезпечних вантажів (НВ). До небезпечних вантажів належать речовини, матеріали і вироби, що мають фізико-хімічні властивості, проява яких за певних умов транспортного процесу може призвести до загибелі або захворювання людей та тварин, нанести шкоду навколишньому середовищу та спричинити матеріальний збиток.

Перевезення небезпечних вантажів представляє сукупність операцій транспортного процесу, його доставки від вантажовідправника до вантажоодержувача і включає в себе: підготовку вантажу і рухомого складу, прийом вантажу до перевезення, його завантаження у транспортний засіб, оформлення документів транспортування вантажу, перевантаження вантажу з одного виду транспорту на інший, зберігання і його відвантаження. Таким чином, транспортний процес є багатоелементним, оскільки містить операції з рухомим складом (процес перевезення), операції з вантажами (навантаження та розвантаження) та операції з перевізними документами.

Основним елементом транспортного процесу є перевезення вантажів, а всі інші елементи є підпорядкованими йому.

Організація автомобільних перевезень небезпечних вантажів по території України, а також з однієї країни в іншу – процес складний, який потребує дотримання внутрішніх законів та міжнародних конвенцій й угод по перевезеннях і транзиту, високої якості обслуговування, точного виконання умов контракту, дотримання митних і державних законів. Складність керування внутрішніми та міжнародними перевезеннями ускладнюється тим, що необхідно управляти вантажем, який перебуває за сотні, або тисячі кілометрів від керуючого.

Для перевізників, а особливо міжнародних, однією з першочергових задач є забезпечення рухомим складом відповідно до міжнародних вимог, що постійно посилюються та пов'язані, головним чином, із проблемами навколишнього середовища, безпекою транспортного процесу.

Розробка рекомендацій з перевезення небезпечних вантажів для всіх видів транспорту здійснюється Комітетом експертів по перевезенню небезпечних вантажів Економічної і Соціальної Ради Організації Об'єднаних Націй. Комітет експертів розробляє Рекомендації ООН по перевезенню небезпечних вантажів у формі «Типових правил перевезення небезпечних вантажів» (ще називають помаранчевою книгою), які є рекомендаційним документом. На їхній основі міжнародні організації й національні органи влади різних держав розробляють нормативні документи, що регламентують перевезення небезпечних вантажів різними видами транспорту. На даний момент діє 15-та редакція Типових правил по перевезенню небезпечних вантажів.

Особливість автомобільного транспорту полягає в тому, що виробничий процес у цій галузі складається з роботи рухомого складу на лінії й технічному обслуговуванні транспортних засобів. Виробничий процес виходить за рамки безпосередньо підприємства. Він вимагає більше чіткої взаємодії окремих служб і підрозділів по забезпеченню перевезень вантажів, зберігання, технічному обслуговуванню й ремонту рухливого складу, а точніше, по ефективному використанню рухливого складу. Удосконалювання керування технічною службою автотранспортного підприємства – один з факторів, що дозволяють поліпшити технічний стан транспортних засобів без значних витрат. Підвищення технічної готовності багато в чому залежить від раціональної організації обслуговування й ремонту рухомого складу.

Основними технічними заходами підвищення ефективності вантажного автомобільного транспорту є: підготовка водіїв і ремонтників до прийому нової техніки; створення виробничо-технічної бази для обслуговування й поточного ремонту транспортних засобів; удосконалювання структури транспортних засобів.

У ринкових умовах важливою вимогою споживача транспортних послуг є своєчасна і якісна доставка небезпечного вантажу. Виконати задані умови представляється можливим із застосуванням логістики, тобто керуючого алгоритму, що за допомогою різних економіко-математичних методів дозволяє оптимізувати роботу окремих елементів транспортного процесу й об'єднати ці елементи в єдину систему.

Раціональний вибір маршрутів дозволяє збільшити пробіг автомобілів з вантажем. Створення маршрутів дозволить точно визначити обсяг перевезень небезпечних вантажів з постачальницько-збутових підприємств, кількість автомобілів, що здійснюють ці перевезення, сприяє скороченню простою автомобілів під завантаженням і розвантаженням, ефективному використанню рухливого складу й вивільненню зі сфер обігу значних матеріальних ресурсів споживачів. Разом з тим маршрутизація дозволяє підвищити продуктивність автомобілів при одночасному зниженні кількості рухливого складу, що надходить на підприємство при тім же обсязі перевезень.

З метою удосконалення транспортного процесу перевезення небезпечних вантажів необхідно вирішувати такі основні завдання:

- удосконалення існуючої схеми перевезень небезпечного вантажу;
- оптимізації технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів;
- покращення перевезень за рахунок оновлення рухомого складу;
- огляд існуючої системи міжнародного контролю й нагляду за перевезенням небезпечних вантажів автомобільним транспортом;
- огляд існуючих міжнародних угод в області перевезень небезпечних вантажів;
- аналіз українського законодавства в області автомобільних перевезень небезпечних вантажів;
- аналіз особливостей й аспектів, пов'язаних з транспортуванням небезпечних вантажів;

Удосконалення транспортного процесу можливе за рахунок підвищення ефективності використання автотранспортних засобів та якості їх роботи. Це досягається за допомогою організаційних, технічних та наукових шляхів.

Організаційний шлях включає такі заходи:

- заходи, що впливають на конструктивні параметри і технічний стан автомобіля: вантажопідйомність, швидкість, місткість кузова, маневреність, технічна готовність та інше;
- заходи, які враховують умови експлуатації автомобіля: відстань транспортування, висота підйому, стан автомобільних доріг, технологічна відповідність навантажувально-розвантажувальних пристроїв типу автомобіля, що використовується при перевезеннях, схема руху, умови розвантаження;
- заходи, що застосовують використання організаційних чинників: режим роботи автомобіля в часі, показники використання автопарку, умови зберігання, технічного обслуговування і ремонту та інші.

Технічний шлях підвищення ефективності використання автотранспортних засобів включає такі заходи:

- підготовка водіїв і ремонтних робочих до прийому нової техніки;
- створення виробничо-технічної бази для обслуговування і поточного ремонту транспортних засобів;
- вдосконалення структури транспортних засобів.

Науковий шлях направлений на подальше підвищення ефективності використання автомобільного транспорту та групується таким чином:

- вдосконалення технології роботи автомобільного транспорту;
- створення, освоєння і підвищення використання нових технічних засобів автомобільного транспорту та навантажувально-розвантажувальних засобів;
- поліпшення організації сумісної роботи автомобільного транспорту і навантажувально-розвантажувальних машин та механізмів, і управління ними.

Висновки. У роботі проведено проведений аналіз транспортного процесу перевезення небезпечних вантажів та шляхів підвищення ефективності використання автотранспортних засобів з метою подальшого вирішення ряду задач.

Подальші дослідження будуть пов'язані із удосконалення існуючої схеми перевезень небезпечного вантажу, оптимізацією технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів, покращення перевезень за рахунок оновлення рухомого складу.

1. Афанасьев, Л.Л. Автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг – М. : Транспорт, 1973, 320 с.
2. Квитко Х.Д. Эффективность использования грузовых автомобилей. / Квитко Х.Д. – М.: Транспорт, 1979, 174 с.
3. Афанасьев А.Л. й ін. Єдина транспортна система й автомобільні перевезення: Підручник для студентів вузів. – М.: Транспорт, 1998. – 333 с.
4. Енглезі Й.П. Організація перевезення небезпечних вантажів. Підручник / Й.П. Енглезі, О.Є. Пахно, - Донецьк: ДІАТ, 2008. – 240с.
5. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. – К.: Вища шк., 1986. – 447 с.
6. Шурупов В.О. Шляхи вирішення проблем перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом. // Вісник НТУ. - К.: НТУ, 2006. - №11. - С. 365-366.
7. Пахно А., Шок У.П12 Перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом. Допомога для водіїв: базовий курс. – Донецьк: Норд^Пресс,2009. – 333 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014

УДК 656.11

О.С.Процишин

Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МИТТЄВИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ У ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

У роботі розглянуто теоретичні підходи щодо класифікації швидкості руху, її взаємозв'язок з іншими первинними показниками транспортного потоку, а також чинники, які впливають на швидкісні режими окремих транспортних засобів у транспортному потоці. Особливу увагу присвячено дослідженням миттєвих швидкостей на прямолінійних ділянках вулично-дорожньої мережі, як однієї з основних ознак, які характеризують умови безпеки руху.

Ключові слова: транспортний потік, миттєва швидкість руху, інтенсивність руху, транспортна система, дорожньо-транспортна подія

Рис 1. Форм 5. Літ 10.

О.С.Процишин

ИССЛЕДОВАНИЯ МГНОВЕННЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ

В работе рассмотрены теоретические подходы к классификации скорости движения, ее взаимосвязь с другими первичными показателями транспортного потока, а также факторы, влияющие на скоростные режимы отдельных транспортных средств в транспортном потоке. Особое внимание посвящено исследованию мгновенных скоростей на прямолинейных участках улично-дорожной сети, как одной из основных признаков, характеризующих условия безопасности движения.

Ключевые слова: транспортный поток, мгновенная скорость движения, интенсивность движения, транспортная система, дорожно-транспортное происшествие.

О.Protsyshyn

RESEARCH OF INSTANTANEOUS VELOCITY IN TRAFFIC FLOW

In the article theoretical approaches for traffic speed classification, its interconnection with other initial traffic flow parameters and the factors that influence on the single vehicle speed mode in the traffic flow are considered. Special attention is paid to instantaneous velocity investigations at the rectilinear sections of street network, which is the main sign of traffic safety.

Key words: traffic flow, instantaneous velocity, traffic volume, transport system, road accident.

Постановка проблеми

Під час розгляду проблем, які мають відношення до системи «транспортні потоки – дорожні умови» (ТП – ДУ), багато уваги приділяється питанням швидкості руху, формуванню швидкісних режимів та чинникам, які їх визначають. Як відомо, швидкість є цільовою функцією дорожнього руху [3,6,7]. Оцінка ступеня зручності поїздки на транспортному засобі пов'язана зі швидкістю руху або з оберненою до нею величиною – тривалістю поїздки [2,7]. Окрім того, забезпечення певних швидкісних режимів впливає на продуктивність роботи вантажного та пасажирського транспорту зокрема та ефективність функціонування транспортної системи загалом. Швидкість пов'язана з економічністю, безпекою та якістю обслуговування.

Швидкість руху окремих автомобілів та швидкісні параметри усього транспортного потоку залежать від інтенсивності руху, дорожньо-планувальних чинників, кліматичних умов, психофізіологічних особливостей водія тощо.

За можливості водії рухаються зі швидкостями, які, на їх думку, є найбільш оптимальними для даного виду поїздки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У теорії та практиці дорожнього руху розрізняють такі типи швидкостей: миттєву (швидкість руху одиночного автомобіля у даному місці в даний час, зафіксована на короткій ділянці дороги або за короткий проміжок часу), сполучення (відношення пройденого шляху з урахуванням всіх зупинок і стоянок до втраченого часу), технічну (відношення пройденого шляху, без обліку зупинок і стоянок до втраченого часу), максимальну (найбільша миттєва швидкість, яка досягається транспортними засобом за нормальних умов), крейсерську (швидкість, з якою водії прагнуть їхати в даних умовах, за якої вони почувають себе комфортно), дозволену (дозволена нормативними або технічними засобами регулювання на даній ділянці вулично-дорожньої мережі), рекомендовану (швидкість, з якою організатори руху рекомендують рухатися водієві на

даній ділянці за даних умов), економічну (за якої спостерігається мінімум економічних витрат, витрат палива, зносу шин тощо), безпечну (за якої водій у стані розпочати необхідні дії для запобігання виникнення аварійної ситуації або ДТП), оптимальну (за якої досягається деяка мета з найменшими витратами) [6,9].

Швидкість транспортного засобу є відношенням величини його переміщення до інтервалу часу, за який це переміщення пройшло [6,8]. На практиці найчастіше використовують два типи швидкостей транспортного потоку – середню миттєву швидкість (середнє значення ряду миттєвих швидкостей, виміряних на певній ділянці вулиці або дороги), виражену рівнянням (1) та швидкість здійснення поїздки (чисельно рівна довжині визначеного відрізка часу, розділеного на середню тривалість декількох поїздок на цьому відрізку), описану рівнянням (2) [1,6,9].

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (1)$$

де V_i – миттєва швидкість i -го транспортного засобу, км./год.;

n – кількість транспортних засобів, обраних у якості об'єктів для вимірювання швидкості.

$$\bar{V}_s = \frac{S \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad (2)$$

де S – пройдена відстань, км.;

n – кількість поїздок, обраних для визначеного часу;

t_i – тривалість i -тої поїздки, год.

Як правило, для будь-якого елемента транспортного потоку середня миттєва швидкість завжди перевищує середню швидкість поїздки. Виключенням є випадки, коли всі транспортні засоби потоку їдуть з однаковою швидкістю. Це явище притаманне щільним транспортним потокам, інтервали між транспортними засобами у яких є меншими 3 с. і може бути спричинене такими чинниками: рух відбувається у пікові періоди, коли спостерігається значний ріст інтенсивності руху; наявність ділянок вулиць та доріг з малими радіусами кривих у плані та профілі; структуруванням транспортного потоку перед перехрестями; наявність зон обмеження швидкості та заспокоєння руху. Транспортні потоки з великою щільністю руху описуються диференціальним рівнянням теорії «руху за лідером» такого вигляду [8]:

$$\frac{dV_k}{dt} = \frac{1}{t_p} (V_{k+1} - V_k), \quad (3)$$

де $\frac{dV_k}{dt}$ – прискорення заднього транспортного засобу, м./с².;

V_k та V_{k+1} – швидкості відповідно заднього та переднього транспортних засобів, м./с.;

t_p – тривалість реакції водія.

Якщо умови руху потоку транспортних засобів є вільними (часові інтервали у ньому 8с. і більше), то під час дослідження миттєвих швидкостей спостерігається великий розкид їх значень. Це пов'язано з тим, що різним за типом транспортним засобам притаманні різні динамічні показники. Іноді у малих за щільністю транспортних потоках спостерігається утворення груп автомобілів, які утворюються тими з них, які мають однакові динамічні характеристики.

Показник швидкості руху тісно пов'язаний з показниками його безпеки. Слід зазначити, що рівномірність швидкості, як кожного окремого транспортного засобу, так і транспортного потоку в цілому зменшує внутрішні перешкоди в ньому і є важливою умовою безпеки руху. Ймовірність виникнення дорожньо-транспортних подій (ДТП) підвищується із збільшенням різниці швидкостей окремого автомобіля і швидкості транспортного потоку, тому зменшення цієї різниці, тобто вирівнювання швидкісних режимів, є одним із пріоритетних напрямків в організації і

забезпечені безпеки руху. Такі вирівнювання швидкісних режимів можуть здійснюватись шляхом обмеження і верхньої межі швидкості, і встановлення мінімально допустимого її значення. За будь-яких умов введення таких обмежень має бути обґрунтованим, що сприятиме підвищенню рівня дисципліни водіїв.

Різка збільшення небезпеки ДТП, спричинене різкою зміною середніх швидкостей руху спостерігається у місцях де: різка зміна дорожніх умов та за випадків, коли ці умови дозволяють значно збільшити швидкість, яка перевищує безпечну; дорожні умови спричиняють значні пониження швидкості руху транспортних засобів із малим запасом потужності; існують злиття або пересічення транспортних потоків – перехрестя, примикання, з'їзди, перехідно-швидкісні смуги тощо; на проїзній частині несподівано pojawiaються інші учасники дорожнього руху [3–5,10].

Швидкість руху є важливим індикатором, який сигналізує про зміну взаємозалежностей основних показників транспортного потоку між собою, дорожньо-кліматичних умов, виникнення аварійних ситуацій тощо.

У системі показників дорожнього руху швидкість є одним з первинних і в межах рівняння (4) є основою для побудови основної діаграми транспортного потоку, яка показує систему зв'язку між собою параметрів швидкості (V), інтенсивності (N) та щільності (q) [5–7,9].

$$N = q \cdot V \quad (4)$$

Використання теоретичних розподілів швидкостей руху у транспортному потоці дає значні переваги для дослідження процесів, які відбуваються у ньому. Використовуючи для теоретичного розподілу закон Гаусса, можна отримати кілька характеристик: максимальну ординату («мода»), значення середньої швидкості руху транспортного потоку (\bar{V}), яка відповідає максимальній ординаті, та середнє квадратичне відхилення (σ) [6,9]. Розподіл, який має одну максимальну ординату називається одномодальним, а дві – двомодальним. Одномодальні розподіли спостерігаються, коли більшість швидкостей у транспортному потоці прагнуть стабілізуватися навколо одного середнього значення (однорідні за складом транспортні потоки, а також ті, які рухаються у зонах обмеження швидкості; щільні транспортні потоки), двомодальні ж розподіли спостерігаються, коли значення миттєвих швидкостей транспортних засобів у потоках зосереджені навколо двох максимальних ординат (вільні умови руху на розглянутій ділянці).

Невирішені раніше частини загальної проблеми

У теорії та практиці організації дорожнього руху надзвичайно багато уваги приділено питанням дослідження швидкості та швидкісним режимам руху, оскільки цей показник визначає продуктивність роботи рухомого складу та є одним із визначальних чинників оцінки безпеки руху. Особливо важливою є миттєва швидкість транспортних засобів, на яку впливають планувальні особливості вулично-дорожньої мережі, склад транспортного потоку тощо. Оскільки в реальних умовах однорідність транспортного потоку практично не досягається та й досягти однакової величини швидкості досить важко навіть для однакових за типом транспортних засобів, відповідно, виникає і складність в розробленні таких схем організації руху та засобів її регулювання, які б задовольняли абсолютну більшість учасників руху. Проте, наблизитись до розв'язання цієї проблеми можна завдяки постійному моніторингу швидкісних режимів і вивченню чинників, які значною мірою їх визначають.

Мета дослідження

Неперервні дослідження миттєвої швидкості руху на різних, з точки зору дорожнього планування, проїзних частинах, з різною інтенсивністю та складом руху дасть можливість встановити більш точні тенденції її зміни, удосконалити режими та засоби регулювання, що є головним завданням для міської магістральної вулично-дорожньої мережі і ділянок вулиць та доріг зі значними показниками аварійності.

Основні результати досліджень

У цій роботі для дослідження миттєвих швидкостей руху обрано 4 типи ділянок вулиць у місті Львові: I тип – вулиця з однібічним рухом без громадського транспорту; II тип – вулиця з однібічним рухом та наявністю у структурі потоку громадського транспорту; III тип – вулиця з двобічним рухом (1x1 смугу руху) та наявністю громадського транспорту; IV тип – вулиця з

двобічним рухом (2x2 смуги руху) та наявністю громадського транспорту. Вимірювалися випадкові транспортні засоби, незалежно від типу, що проходять з певною швидкістю експериментальну ділянку (базу вимірювань) довжиною 40 м протягом між пікового періоду робочих днів (понеділок, вівторок, середа, четвер) два тижні. За результатами вимірювань визначено відсоткове забезпечення швидкостей руху, зображене на рисунку 1.

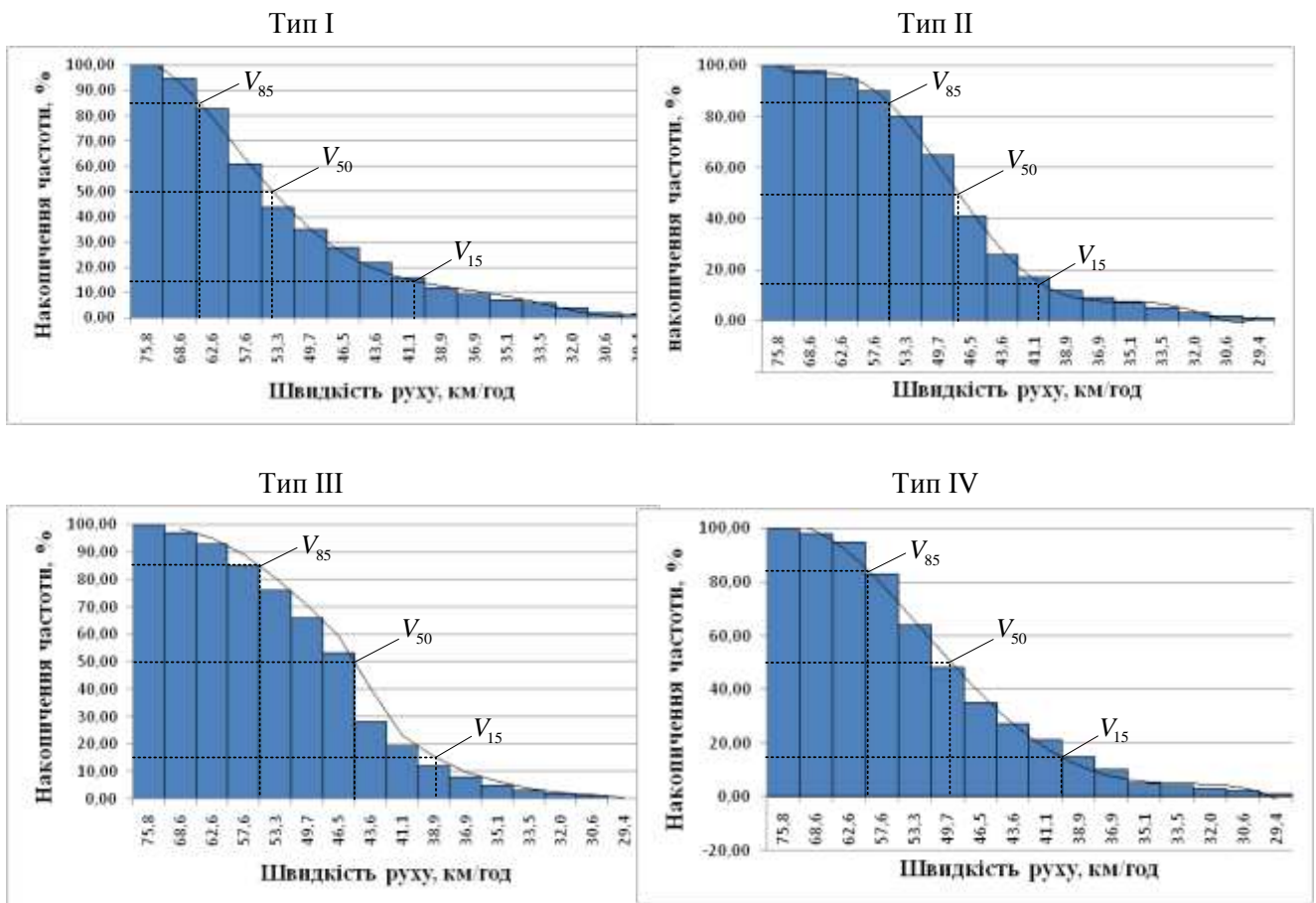


Рис.1. Кумулятивні розподіли миттєвих швидкостей руху

Швидкість, яка відповідає будь-якому відсотку на шкалі кумулянти (*i*-му відсотку), називається *i*-відсотковою швидкістю. До таких швидкостей, які застосовуються найчастіше, відносяться [1,6,9]:

- 85%-ва швидкість – іноді називається критичною. Водії, які перевищують цю швидкість, зазвичай розглядаються як такі, що порушують безпечний режим руху для заданих умов. За результатами проведених досліджень миттєві швидкості для ділянки типу I – 61,4 км./год.; типу II – 53,2 км./год.; типу III – 53,1 км./год.; типу IV – 56,4 км/год.

- 50%-ва швидкість – називається медіанною. Однією із характеристик розподілу швидкостей є медіанна або серединна швидкість. Медіанною називається швидкість, з перевищенням якої рухається стільки ж транспортних засобів, скільки і з меншими швидкостями (для ділянки типу I – 52,3 км./год.; типу II – 46,1 км./год.; типу III – 43,6 км./год.; типу IV – 47,6 км/год.);

- 15%-ва швидкість – найбільш важлива за необхідності звернути увагу на нижню межу швидкостей. Транспортні засоби, які рухаються з меншими швидкостями, є перешкодами для руху основного транспортного потоку і збільшують ймовірність виникнення ДТП;

- 7%-ва та 93%-ва швидкості використовуються під час визначення асиметрії розподілу або її відсутності.

Індекс асиметрії розраховують за кумулятивними відсотковими значеннями за таким рівнянням [1]

$$I_{as} = \frac{2(P_{93} - P_{50})}{P_{93} - P_7}, \quad (5)$$

де P_i – i -відсоткова швидкість.

Індекс асиметрії, рівний одиниці, вказує на симетрію відносно медіани. Якщо його значення менше за 1,0, то це означає, що крива розподілу відхиляється в сторону менших швидкостей, а більше за 1,0 – в сторону високих швидкостей. На дорогах з незаторовими режимами руху розподіл швидкостей має незначну асиметрію, але час поїздки зміщений в сторону великих значень, тобто відхилення в сторону низьких швидкостей. На завантажених дорогах (вулицях) розподіли швидкостей відхилені в сторону високих швидкостей.

У розглянутих дослідженнях індекс асиметрії рівний для ділянки типу I – 0,91; типу II – 1,14; типу III – 1,44; типу IV – 1,1.

Висновки

З отриманих результатів досліджень можна зробити висновки, що поява у потоці громадського транспорту впливає на зміну величини миттєвої швидкості руху інших його учасників і особливо цей вплив відчутний на односмугових проїзних частинах. Хоча під час дослідження спостерігалися відносно вільні умови руху, індекс асиметрії вказує на зміщення відносно медіани в сторону високих швидкостей, що, у свою чергу, вказує на зростання рівня завантаження проїзної частини певного типу. Особливо це зміщення відчутне для III типу вулиць (1x1 смугу руху). Продовження досліджень за цією методикою дасть можливість удосконалити вибір межі рекомендованих швидкостей руху для різних ділянок вулично-дорожньої мережі, удосконалити розрахунок координації на світлофорних об'єктах, здійснювати аналіз показників аварійності та безпеки у транспортних потоках.

1. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
2. Васильєва Г. Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» / Г. Ю. Васильєва. – К., 2007. – 21 с.
3. Врубель Ю. А. Потери в дорожньому русі / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
4. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : [ученик для вузов] / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М. : Изд-ий центр «Академия», 2005. – 279 с.
5. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
6. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
7. Санько Я. В. Дослідження впливу довжини ділянки вулично-дорожньої мережі на характеристики транспортних потоків / Я. В. Санько, Ю. Я. Ройко // Наукові нотатки. – 2012. – Вип. 37. – С. 289 – 293.
8. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
9. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
10. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов / М. С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1985. – 239 с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

В.О.Процюк
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

В статті проведений огляд і короткий аналіз найбільш розповсюджених методів визначення вологості ґрунтів земляного полотна. Найбільший потенціал серед розглянутих мають електромагнітні методи до яких відноситься георадарні технології.

Ключові слова: вологість ґрунту, термо-ваговий метод, оптичний метод, радіаційний метод, електричний метод, електромагнітний метод.

Рис 2. Табл 1. Літ 13.

В.А.Процюк
АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье проведен обзор и краткий анализ наиболее распространенных методов определения влажности ґрунтов земляного полотна. Наибольший потенциал среди рассмотренных имеют электромагнитные методы к которым относится георадарные технологии.

Ключевые слова: влажность ґрунта, термо-весовой метод, оптический метод, радиационный метод, электрический метод, электромагнитный метод.

V.Protsjuk,
ANALYSIS OF METHODS AND MEANS FOR DETERMINING MOISTURE SUBGRADE SOIL HIGHWAYS

The basic methods and tools that were generally most prevalent for determining soil moisture subgrade were reviewed. Best and reliable test methods are direct, but in some cases using the results of indirect methods. Methods for determining soil moisture should provide accuracy of 10%.

The first method is to study the characteristics of soils are methods that provide sampling of test pits and boreholes. However, the high cost of drilling and extensive destruction of pavement leads to a limitation in the application of this method.

In contrast to these methods, you can select a method to establish soil moisture by changing the pressure in the pores, and the method for determining the moisture content using sensors that absorb water from the soil by measuring their electrical conductivity, depending on the humidity.

Later optical methods that operate on the principle of infrared photometric moisture, based on a selective measurement of moisture absorption of IR radiation or certain wavelengths reflected from the surface of the research soil.

In addition to optical in the road sector using neutron method (band radiation methods) to detect humidity through effective deceleration of fast neuronal nuclei of hydrogen atoms, which is kept in water molecules.

You should also select a group of electrical methods to which the electrical prospecting. The method is to measure the difference in electrical resistance in the soil.

Among these methods to determine the soil moisture biggest advantage with electromagnetic methods which include georadar technology. They can obtain information about the physical properties of soils quickly and in continuous operation, without violating the integrity of the pavement.

Key words: soil moisture, thermo-gravimetric method, optical method, the radiation method, the electrical method, electromagnetic method.

Постановка проблеми. Часто причиною руйнування дорожніх одягів автомобільних доріг і міських вулиць є незадовільні за міцністю та деформативністю показники ґрунтів земляного полотна для експлуатації доріг і вулиць. В значній мірі на міцнісні та деформаційні характеристики ґрунтів впливає надмірне зволоження, як від атмосферних опадів так і від ґрунтових вод. Тому для більш точної оцінки міцнісного стану дорожнього одягу або встановлення причин передчасного руйнування покриття автомобільних доріг і міських вулиць необхідне залучення інформації про вологість ґрунтів земляного полотна і шарів основи з нез'язних матеріалів.

Огляд і аналіз основних методів та засобів по визначенню вологості ґрунтів земляного полотна, що розглянуті в статті. Для визначення вологості ґрунтів використовують як руйнівні так і неруйнівні методи. Кращими і надійними є прямі методи випробувань (термо-ваговий), але в ряді випадків використовуються результати непрямих методів дослідження (тензометричний, оптичний, електричний та ін.).

Методи і засоби по визначення фізичних характеристик ґрунтів нормуються документами [1-3] та методиками проведення робіт [4].

Методи визначення вологості ґрунту повинні забезпечувати точність не менше 10 % [5]. Відомо, що вологість ґрунту характеризує відношення маси незв'язної води в ґрунті до маси твердих частинок. Тому визначення вологості полягає у застосуванні термо-вагового методу, який базується на висушуванні і зважуванні зразка ґрунту.

Першими методами дослідження характеристик ґрунтів були методи, що забезпечуються шляхом відбору зразків із шурфів та бурових свердловин [4]. Дані методи являються найбільш розповсюдженими в Україні. Проте висока вартість проведення бурових робіт і значне руйнування дорожнього одягу призводить до обмеженого застосування даного методу лише в конкретних точках і не дає повної «картини» обстеження.

З середини ХХ століття вологість ґрунтів почали визначати методом, що дозволяє встановити зміну тиску в ґрунтових порах [6], при цьому вже знайдена залежність між всмоктуванням датчика із дрібнопористого скла і вологістю. Даний метод відноситься до групи тензометричних методів.

Проте простішими і більш розповсюдженими стали методами визначення вологості за допомогою датчиків, що всмоктують воду із ґрунту шляхом вимірювання їх електропровідності, що залежить від вологості.

Пізніше з'явилися оптичні методи, що працюють за принципом інфрачервоних фотометричних вологомірів, в основу яких покладено вимірювання вибіркового поглинання вологості ІЧ-випромінювання визначеної довжини хвилі або відбитого від поверхні ґрунту, який досліджується [7].

Перевагами ІЧ-методів є: висока чутливість, точність отримання значень вологості. Головним недоліком у використанні даного методу – можливість отримання інформацію про вологість лише на поверхні підстильного ґрунту.

Крім оптичних методів використовують і радіаційні методи контролю, якими можна визначити щільність ґрунту і масову долю вологості. До групи радіаційних методів відносяться: нейтронний, рентгенівський і метод ядерного магнітного резонансу. В дорожній галузі використовують нейтронний метод, який дозволяє визначити вологість на основі ефективного сповільнення швидких нейтронів ядрами атомів водню, який утримується в молекулах води. Радіаційні методи не набули широкого застосування через шкідливий вплив гамма-випромінювання на навколишнє середовище і здоров'я людини.

Також слід виділити групу електричних методів, до якої відноситься електрична розвідка. Суть методу полягає у вимірюванні різниці електричного опору в ґрунті [6]. Струм пропускається між двома електродами, що занурені в ґрунт. Падіння напруги визначають іншими двома електродами, що розташовані між ними за допомогою містка Уйтсона. Вологі ґрунти мають порівняно менший опір, а сухі ґрунти – більший опір. Проте ці засоби дають неточність в результатах значень, тому що незначне змінення щільності, структури ґрунту і хімічного складу води в значній мірі впливає на результати.

Щоб запобігти цьому, почали застосовувати пористі датчики із органічного скла, нейлону, капронової тканини, вугілля, гіпсу із щільно закріпленими в них електродами. При цьому вони дозволяють визначити значення вологості ґрунтів з точністю до 2 – 4 %.

Недоліком даного методу є потреба у калібруванні. Для кожного типу ґрунту і при різній вологості потрібно знати значення електричного опору.

Крім вологомірів, в яких змінюється електричний опір в залежності від вологості ґрунту, велике розповсюдження отримали ємнісні датчики [8]. Фізичні передумови для використання ємнісного методу при визначенні вологості ґрунтів засновані на тому, що діелектрична проникність води ($\epsilon=81$) в рази більша за діелектричну проникність сухого ґрунту ($\epsilon=3 - 12$). При цьому на значення діелектричної проникності в значній мірі не впливають хімічний склад води і концентрація розчинених у ній електролітів.

При застосуванні цього методу спочатку вимірюють діелектричну проникність і кут діелектричних втрат електронного конденсатору і на основі цих вимірювань знаходять дійсну діелектричну проникність [6]. Даний метод дозволяє визначити вагову і об'ємну вологість з високою точністю.

Згадані вище методи (таблиця 1) дозволяють визначити вологість, ґрунтів лише у контрольних точках, що не дає повної «картини» про варіювання вологості в повздовжньому і поперечному напрямках. Це являється головним недоліком проаналізованих методів по

визначенню вологості, адже вологість може значно змінюватися навіть на невеликій за протяжністю ділянці, що призводить до неточності при оцінці стану міцності дорожнього одягу. Про це свідчать обстеження автомобільних доріг та міських вулиць в Росії із застосуванням георадарних технологій проведенні А.М. Куліжніковим, А.А. Белозеровим [9] (рис. 1) та в Україні (рис. 2) [10].

Таблиця 1.

Основні характеристики методів вимірювання вологості ґрунтів земляного полотна.

Метод		Вимірювальний параметр	Характеристика методу		
Група	Принцип		Вимірювання без руйнування	Неперервність вимірювання	Отримання інформації в польових умовах
Прямі	Термо-ваговий	Маса, об'єм	-	-	-
Непрямі	Тензометричний	Тиск в порах	+	-	+
Оптичні	Інфрачервоний фотометричний	Довжина хвилі	-	+	+
Радіаційні	Нейтронний	Інтенсивність гамма-випромінення, сповільнення нейтронів	+	-	+
Електричні	Електрична розвідка	Електричний опір	+	-	+
Електромагнітні	Ємнісний (воломір)	Діелектрична проникність	+	-	+
	Геофізичний (георадар)	Діелектрична проникність	+	+	+

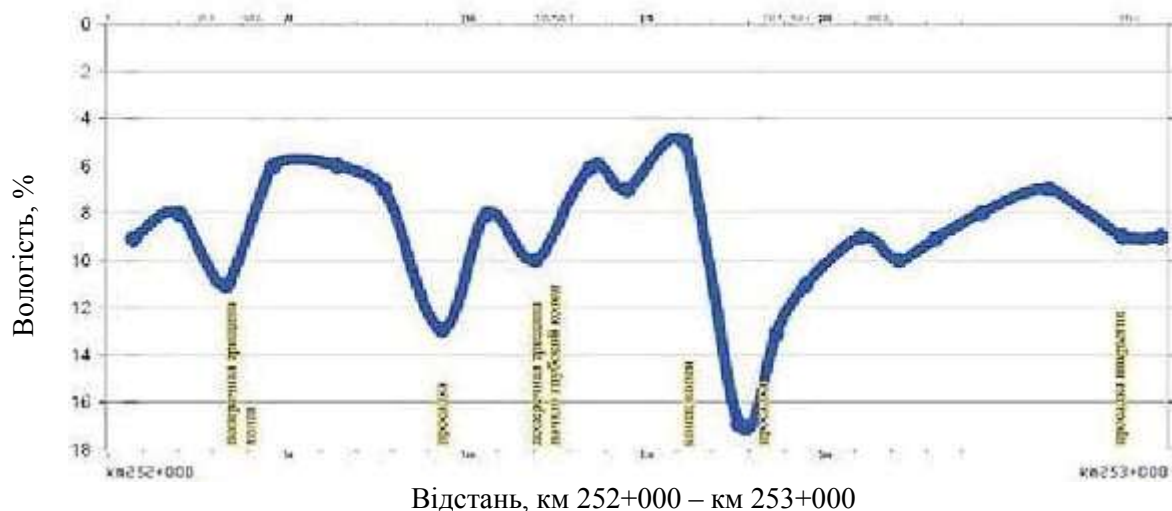


Рис. 1. Графік змін середньої вологості ґрунтів, отриманий за допомогою георадарів ОКО.

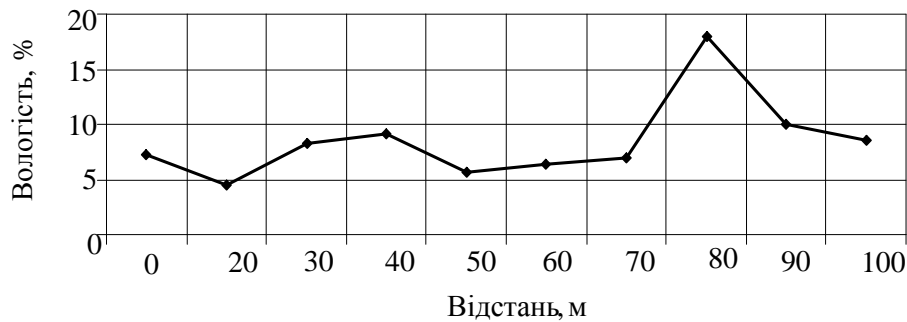


Рис. 2. Графік змінення вологості ґрунтів земляного полотна за результатами георадарних обстежень.

Серед розглянутих методів по визначенню вологості ґрунтів найбільше переваг мають електромагнітні методи до яких відноситься георадарні технології. Вони дозволяють отримувати інформацію про фізичні властивості ґрунтів швидко і в неперервному режимі при цьому не порушуючи цілісності дорожнього одягу. В сучасній світовій практиці обстеження автомобільних доріг все частіше набуває розповсюдження саме застосування неруйнівних геофізичних методів – георадіолокація, як експрес-метод, що дозволяє отримувати безперервну інформацію для обробки в режимі реального часу [11].

Значний внесок у розвиток георадарних технологій при обстеженні автомобільних доріг зроблений А.М. Куліжніковим, А.А. Білозеровим, В.П. Золотарьовим, М.Л. Владовим, А.В. Старовойтовим, С.Н. Бурдю, В.В. Копейкіним, Капустіним, З.Б. Хакієвим, А.Р. Annan, J.L. Davis, G.C. Torp, Timo Saarenketo.

З 1998 року в дорожній галузі Росії почалося застосування георадарних технологій на автомобільних дорогах, що призвело до розроблення методичних рекомендацій [12].

Провідними закордонними фірмами по виробництві георадарів і програмного забезпечення для інтерпретації даних являються GSSI Нью Гемпшир, США), Sensor and Software Inc. (Канада), Era Technology (Великобританія), Mala (Швеція), Radar Systems (Латвія), OYO corporation (Японія) и Geozondas (Литва).

Основним параметром, за яким визначають властивості матеріалу за допомогою георадіолокації, являється його діелектрична проникність (ϵ).

Однак існують обмеження у використанні георадарних технологій, що пов'язані зі складністю при інтерпретації даних георадарного зондування, накопичена недостатня кількість даних про електрофізичні характеристики ґрунтів, а відповідно мало інформації про емпіричні зв'язки фізико-механічних характеристик з електрофізичними.

Висновки і перспективи. На даному етапі георадарне обстеження автомобільних доріг рекомендується проводити паралельно з виконанням робіт представлених у нормативних документах [13, 14], а саме виконувати відбір кернів для отримання типу та вологості ґрунту стандартними методами, щоб виконати відповідне калібрування переважно в тих місцях, де виникає ускладнення при інтерпретації даних. За результатами буріння вносять корективи в установлення початкових параметрів георадару [12]. Це дозволяє зменшити похибку при визначенні вологості під час інтерпретації даних. Контрольне буріння можна виконувати до сканування, в процесі або після сканування.

1. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Польові випробування. Загальні положення : ДСТУ Б В.2.1-6-2000. – [Чинний від 2001-01-01]. – К. : Державний стандарт України, 2000. – 13 с. – (Національний стандарт України).
2. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей : ДСТУ Б В.2.1-17:2009. – [Чинний від 2010-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 36 с. – (Державний стандарт України).
3. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків : ДСТУ Б В.2.1-8-2001. – [Чинний від 2002-04-01]. – К. : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2002. – 16 с. – (Державний стандарт України).
4. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008. – [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 74 с. – Державний стандарт України).

5. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики : ТКП 140-2008 (02191). – [Действующий от 2009-01-01]. – Минск : Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 2008, – 45 с. – (Технический кодекс установившейся практики)
6. Иванов Н.Н. Применение достижений физики в строительстве автомобильных дорог / Н.Н. Иванов, И.В. Поройков. – М.: Автотрансиздат, 1960. – 148 с.
7. Мухитдинов М. Оптические методы и устройства контроля влажности / М. Мухитдинов, Э.С. Мусаев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 96 с.
8. Черняк Г.Я. Методы определения естественной влажности и пористости песчаных грунтов. Водгео. Информационные материалы №7. – 1955.
9. Кулижников А.М.. Неразрушающие георадарные методы в инженерных изысканиях / А.М. Кулижников, А.А. Белозеров // Геопрофи. – 2004. – №5. – С. 44-47.
10. Батракова, А.Г. Оценка состояния дорожных одежд с привлечением георадарных технологий: монография / А.Г. Батракова. – Харьков : ХНАДУ, 2013. – 156 с.
11. Архангельский С.В. Автоматизированный диагностический комплекс контроля состояния технических объектов железнодорожной инфраструктуры «ЭРА» / С.В. Архангельский // Железнодорожный транспорт. – 2008. – №1. – С. 76-82.
12. Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций. Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства Российской Федерации (РОСАВТОДОР). – М.: – 2003. – 37 с.
13. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог : ОДН 218.0.006-2002. – [Действующий от 2002-10-03]. – М. : Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства России (РОСАВТОДОР), 2002, – 196 с. – (Отраслевые дорожные нормы).
14. Оценка прочности нежестких дорожных одежд : ОДН 218.1.052-2002. – [Действующий от 2002-11-19]. – М. : Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства России (РОСАВТОДОР), 2002, – 95 с. – (Отраслевые дорожные нормы).

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014

УДК 62-783.67:66.046.51

І.Б.Прунько

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО
ЛЕГУВАННЯ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ШВИДКОЗНОШУВАНИХ
ДЕТАЛЕЙ НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

У роботі розглянуто питання впливу технологічних параметрів (режимів) електроіскрового легування на величину внутрішніх напружень легуваного шару. Визначено коефіцієнти рівняння регресії, яке пов'язує об'єм конденсаторної батареї та амплітуду напруги імпульсу з величиною залишкових напружень.

Ключові слова: трибосистема, поверхнєве зміцнення, електроіскрове легування, енергетичний вплив, шорсткість, мікротріщина.

Табл. 5. Форм. 18. Літ. 10

И.Б.Прунько

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО
ЛЕГИРОВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТА**

В работе рассмотрены вопросы влияния технологических параметров (режимов) электроіскрового легирования на величину внутренних напряжений легированного слоя. Определены коэффициенты уравнения регрессии, которое связывает объем конденсаторной батареи и амплитуду напряжения импульса с величиной остаточных напряжений.

Ключевые слова: трибосистемы, поверхностное упрочнение, электроіскровое легирования, энергетическое воздействие, шероховатость, микротрещина.

I.Prunko

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS ON PERFORMANCE
ELECTRIC-DOPING PROPERTIES OF HIGH-TECHNOLOGY COMPONENTS OF OIL AND
GAS TRANSPORTATION**

Modern methods of surface hardening of tribosystems allow for the friction surface with predetermined properties, significantly increasing the wear resistance of friction pairs. One promising avenue is the surface treatment of friction concentrated flow of energy, including electric-discharge. The processes of restructuring of processed material occurring in thermodynamically nonequilibrium conditions. The process of saturation of the treated surface of the electrode material and its oxides, nitrogen compounds saturation etc.. It enables the surface layers, which have a whole set of unique physical and mechanical properties. In the works of earlier authors have shown that technological modes of treatment have a significant influence on the hardness of the deposited layer. Microhardness of coating can 1.5 - 3.0 times the hardness of the base material. However, little known is the issue of the combined effect of process parameters electricspark doping on the stress strain state of the modified layer. This option also has a significant influence on the properties of the obtained Tribotechnical surfaces.

We consider the impact of technological parameters (modes) electric-doping on the value of internal stresses doped layer. A coefficients of the regression equation which relates the amount of capacitor bank and the amplitude of the voltage pulse with the magnitude of residual stresses. The impact of technological regimes on residual stresses obtained by multivariate experiment planning. As the plan of the experiment using a full factorial experiment. As the response function was chosen dependence of residual stresses on the parameters. Factors effect on the object of research was adopted: capacity accumulation, pulse amplitude, doping profiles.

Keywords: tribological system, surface hardening, spark alloying, impact energy, roughness, microcracks.

Постановка проблеми

Сучасні методи поверхневого зміцнення деталей трибосистем дозволяють отримувати поверхні тертя з наперед заданими властивостями, істотно підвищуючи зносостійкість пар тертя. Перспективним напрямком є обробка поверхонь тертя концентрованими потоком енергії, зокрема електроіскровим розрядом [1]. Процеси перебудови структури оброблюваного матеріалу відбуваються в термодинамічно нерівноважних умовах. Відбувається процес насичення оброблюваної поверхні матеріалом електроду та його окисами, насичення сполуками азоту та ін.. Це дозволяє отримувати поверхневі шари, які володіють цілим комплексом унікальних фізико-механічних властивостей [2 – 7].

Аналіз результатів застосування електроіскрового легування (ЕІЛ) для зміцнення робочих поверхонь швидкозношуваних деталей нафтогазового технологічного транспорту показує, що

режими енергетичного впливу на оброблювані сталеві поверхні мають неоднозначний вплив на механічні і триботехнічні властивості оброблюваного шару, його шорсткість і напружено-деформований стан.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У раніше виконаних роботах [3 – 5] автори показали, що технологічні режими обробки мають істотний вплив на твердість нанесеного шару. Мікротвердість покриття може в 1,5 – 3,0 рази перевищувати твердість матеріалу основи [5]. Разом з тим маловивченим залишається питання комплексного впливу технологічних параметрів ЕІЛ на напружено деформований стан модифікованого шару. Даний параметр також має істотний вплив на триботехнічні властивості отриманих поверхонь.

Мета роботи – оптимізація технологічних режимів електроіскрового легування на основі досліджень їх впливу на внутрішні напруження модифікованого шару з метою отримання оптимальних триботехнічних властивостей оброблених поверхонь.

Обладнання і методика експерименту. Зразки для обробки ЕІЛ виготовлялися з матеріалу сталь 40Х Геометричні розміри зразка 2500x25x5. Поверхню зразка нарощували в 4 проходи. За електроди для електроіскрового легування використали твердосплавні пластинки ВК8 (82 % WC та 8 % Co). Для здійснення електроіскрового нарощування і зміцнення штоків насосів використовувалась установка «Елітрон – 24А» [8]. Обробка деталі проводилася на різних режимах, при цьому ємність накопичувача змінювали від 40 до 300 мкФ, амплітуда імпульсів від 48 до 75 В.

Для визначення внутрішніх напружень у покритті використали схему, при якій поверхневий шар наноситься на вільнонезашемлену пластину, рівноважна форма якої встановлюється під час нанесення цього шару. Залишкові напруження вираховуються за формулою [9]:

$$\sigma_{\max} = [E \cdot h_1 \cdot (h_1 - h_2) / 6 \cdot \rho_k \cdot h_2], \quad (1)$$

$$\rho_k = L^2 / 8 \cdot \delta_{\max}, \quad (2)$$

де σ_{\max} – максимальні внутрішні напруження у поверхневому шарі;

E – модуль пружності матеріалу пластини;

L – довжина пластини;

h_1 – товщина пластини;

h_2 – товщина нарощеного шару;

ρ_k – радіус кривизни пластини;

δ_{\max} – максимальний прогин пластини.

Результати досліджень та їх аналіз

Вплив технологічних режимів на залишкові напруження одержали методом планування багатофакторного експерименту. В якості плану експерименту використовували повний факторний експеримент 2^3 . В якості функції відгуку була вибрана залежність залишкових напружень від параметрів.

Факторами дії на об'єкт досліджень було прийнято:

X_1 – ємність накопичування, мкФ;

X_2 – амплітуда імпульсів, В;

X_3 – режими легування.

Математичну модель впливу технологічних факторів обробки на залишкові напруження прийняли у вигляді полінома першої степені, що враховує основні ефекти сумісної дії [10]:

$$y = b_0 + \sum_i b_i X_i + \sum_{ij} b_{ij} X_{ij}, \quad (3)$$

де b_0 , b_i , b_{ij} – експериментальні оцінки теоретичних коефіцієнтів регресії.

Вибір основного рівняння та інтервалів зміни факторів виконано на основі результатів попередніх експериментів. В задачі з трьома факторами ($k = 3$) кількість дослідів повного факторного експерименту складає $N = 2^3 = 8$.

В таблиці 1 задано рівні факторів та основні значення параметрів.

Таблиця 1.

Рівні факторів та основні значення параметрів

Умови планування	Фактори		
	X_1 С, мкФ	X_2 U, В	X_3
Основний рівень	170	61,5	3
Інтервал зміни	130	13,5	1
Верхній рівень	300	75	4
Нижній рівень	40	48	2

Складаємо робочу матрицю планування експерименту (таблиця 2).

Таблиця 2

Матриця планування та значення факторів

Номер досліджу	Значення факторів								Фактична величина		
	Умовна одиниця								Ємність накопичення, С	Амплітуда імпульсів, В	Режим легування
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$			
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	40	48	2
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	300	48	2
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	40	75	2
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	300	71	2
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	40	48	4
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	300	48	4
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	40	75	4
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	300	71	4

Проведемо для нашого випадку паралельні дослідження, в результаті яких отримаємо значення функції відгуку. Результати заносимо в таблицю 3.

Таблиця 3.

Результати паралельних дослідів

Номер досліджу	Експериментальне значення у			\bar{y}_i
	y_{i1}	y_{i2}	y_{i3}	
1	-27	-28	-29	-28
2	105	107	103	105
3	-4	1	3	0
4	68	72	70	70
5	-29	-28	-27	-28
6	107	105	103	105
7	1	2	-3	0
8	69	70	71	70

Середнє значення параметра оптимізації визначаємо за формулою [10]:

$$\bar{y}_u = \frac{1}{m} \sum_{v=1}^m y_{uv}. \quad (4)$$

Результати заносимо в таблицю 3.

Обчислюємо коефіцієнти рівняння регресії (3) за формулами:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N x_0 \bar{y}_u}{N}, \quad (5)$$

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_i \bar{y}_u}{N}, \quad (6)$$

$$b_{ij} = \sum_{u=1}^N x_i x_j \bar{y}_u. \quad (7)$$

Таким чином рівняння регресії запишеться:

$$y = 36,75 + 50,75x_1 - 1,75x_2 - 15,75x_1x_2. \quad (8)$$

Помилки досліду, або дисперсії S_0^2 оцінимо паралельними дослідями.

Обчислимо рядкові дисперсії, використовуючи дані таблиці 3:

$$S_k^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{uk} - \bar{y}_k)^2. \quad (9)$$

Перевіримо на однорідність дисперсій S_0^2 за критерієм Кохрена:

$$G_p = \frac{S_u^2 \max}{\sum_{u=1}^N S_u^2}. \quad (10)$$

Значення Критерію Кохрена, згідно розрахунків $G_p = 0,371$. Табличне значення критерію Кохрена при $f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ і $f_2 \neq N = 8$ знайдемо за таблицями [10] і воно буде рівне $G_T = 0,5157$. Так, як $G_T > G_p$ то дисперсія однорідна і визначимо похибку дослідів S_0^2 за формулою:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2. \quad (11)$$

Згідно наших даних $S_0^2 = 4,375$. Середньоквадратичне відхилення, або похибка відповідності буде рівна: $S_0 = \sqrt{S_0^2} = 2,092$.

Виконаємо перевірку коефіцієнтів рівняння регресії. Спочатку визначимо дисперсію коефіцієнтів регресії за формулою:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_0^2}{N \cdot m}, \quad (12)$$

де $N=8$ – число експериментів;

$m=3$ – число паралельних дослідів.

Тоді: $S_{bi}^2 = 0,182$; $S_{bi} = \sqrt{S_{bi}^2} = 0,427$.

Знайдемо розрахункові значення критерію Стюдента за формулою:

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S_{bi}}. \quad (13)$$

Результати обчислень наступні: $t_{0p} = 86,06$; $t_{1p} = 118,86$; $t_{2p} = 4,098$; $t_{3p} = 36,88$.

Знайдемо табличні значення критерію Стьюдента за таблицею 8.7 [10], за числом ступенів вільності $f_0 = N(m-1) = 16$ і рівні значущості $q = 0,005$, він буде рівний $t_T = 2,12$.

Так, як всі $t_{ip} > t_T$, то всі коефіцієнти рівняння регресії (8) значимі.

Перевіримо придатність лінійного рівняння регресії (8) для пошуку області оптимуму. Для цього порівнюємо дві дисперсії: S_{ad}^2 – дисперсія адекватності та S_0^2 – помилки досліду.

Обчислимо дисперсію адекватності S_{ad} , яка показує розсіювання середніх дослідних даних змінної стану \bar{y}_u відносно тих значень змінної стану \hat{y}_u , які розраховуються за отриманим рівнянням регресії.

Дисперсію адекватності знайдемо за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{m}{N-l} \sum_{u=1}^m (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2, \quad (14)$$

де l – число членів у рівнянні регресії, що залишилися, після перевірки їх значущості. В нашому випадку $l = 4$.

Обчислимо значення функції відгуку y_u для кожного рядка таблиці 1.3 за отриманим рівнянням регресії (8).

Дисперсія адекватності буде рівна: $S_{ad}^2 = 0$.

Знаходимо розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_0^2}, \quad (15)$$

Розрахункове значення даного параметру: $F_p = 0$. За таблицею 8.8 [10] при ступенях вільності $f_{ad} = N-l = 4$ і $f_0 = 16$ та при рівні значущості $q = 0,005$ знаходимо табличне значення F_T . Так, як $F_T = 3,01 > 0$, тобто $F_T > F_p$, то умова про адекватність регресії виконується.

Аналіз одержаних результатів дозволяє зробити наступні висновки про вплив технологічних факторів (ємність, амплітуда, режими легування) на залишкові напруження. Так при збільшенні ємності накопичувача залишкові напруження зростають, а при збільшенні амплітуди імпульсів – зменшуються. Режим легування впливу на залишкові напруження немає. Поряд із лінійним ефектом значний вплив має також ефект взаємодії $X_1 X_2$, тобто сумісна дія ємності накопичувача і амплітуди імпульсів веде до зменшення залишкових напружень.

Аналізуючи одержані рівняння регресії, можна зауважити, що найбільший вплив на залишкові напруження має ємність накопичувача. Вплив амплітуди X_2 також є, але значно менший ніж X_1 .

Аналіз результатів першої серії дослідів дозволяє вибрати найбільш ефективний фактор, яким є ємність накопичувача. Для цього параметра було вибрано напрямок руху в область оптимуму. Рух в багатовимірному просторі факторів проводимо дискретно (покроково). Для знаходження оптимального шляху використовують один з градієнтних методів оптимізації – метод крутого сходження (метод Бока-Уілсона) [10].

Якщо фактори X_i пропорційні значенням відповідних їм коефіцієнтів, то буде збережено рух вздовж лінії крутого сходження. Значення факторів оптимізації приведено в таблиці 4.

Таблиця 4.

Значення факторів оптимізації досліджень

Параметр дослідження	фактори		
	Ємність x_1 , мкФ	Амплітуда напруги x_2 , В	Режими легування x_3
Коефіцієнт рівняння b_i	50,75	-1,75	0
Добуток $b_i \Delta x_i$	6597,5	-23,625	0
Крок (заокруглений) z	52	-0,2	0

З метою руху по лінії крутого сходження визначаємо крок руху по кожному із факторів, для чого знайдемо величину Δx_i :

$$\Delta x_i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} \quad (16)$$

Обчислюємо величини $b \cdot \Delta x_i$, значення яких подано в таблиці 4. Найбільшим є добуток $b \cdot \Delta x_i = 6597,5$, тому фактор x_1 приймемо, як базовий.

Обчислюємо параметр λ за формулою:

$$\lambda = \frac{\mu}{|b_{\max}|} \quad (17)$$

де μ може приймати значення від нуля до одиниці. Приймаємо $\mu = 0,4$;

b_{\max} – найбільше із значень коефіцієнтів. Тоді: $\lambda = 0,0079$.

Обчислимо кроки при крутому сходженні.

Для фактора x_1 крок буде рівний $\lambda(b_1 \Delta x_1) \approx 52$, для фактора x_2 крок буде рівний $\lambda(b_2 \Delta x_2) \approx -0,2$.

Далі проводимо уявні досліди, які полягають в обчисленні значень функції відгуку в точках факторного простору, що лежать на шляху до оптимуму, тобто здійснюємо уявний рух до оптимуму. В таблиці 5 представлено результати руху по лінії крутого сходження. Для зручності розрахунків кодові значення факторів переведемо в натуральні шляхом декодування. Для цього

рівняння (8) переписеться з врахуванням того, що $x_1 = \frac{C - 170}{130}$, $x_2 = \frac{U - 61,5}{13,5}$:

$$y = -115,74 + 0,94C + 1,4U - 0,01C \cdot U \quad (18)$$

Таблиця 5.

Умови та результати досліджень

Досліди на лінії крутого сходження	Фактори			Параметр оптимізації F, кг·с/мм ²
	Ємність C, мкФ	Амплітуда напруги U, В	Режим легування	
1 Уявний	222	61,3	2	42,67
2 Уявний	274	61,1	2	59,95
3 Уявний	300	59,9	2	70,42
4 Реалізований	300	59	2	72,2

Висновки.

Круте сходження було припинене при ємності конденсаторної батареї 300 мкФ. Подальше дослідження лімітується пороговим значенням ємності конденсаторної батареї, встановленої на установці «Елітрон – 24А».

Зі зростанням ємності конденсаторної батареї зростають і внутрішні напруження в поверхневому шарі, що, в свою чергу, сприяє зародженню і росту мікротріщин і знижує зносостійкість обробленої поверхні. Зі зростанням жорсткості енергетичних режимів електроискрової обробки зносостійкість до певної межі зростає, а надалі знижується.

Отримане рівняння дозволить підбирати оптимальні по зносостійкості режими обробки поверхонь методом ЕІЛ.

1. Тематические научно-технические обзоры «Повышение долговечности тарельчатых клапанов и уплотнительных узлов буровых насосов» Серия машины и оборудование нефтяной промышленности. ВНИИ ОЭНГ – М, 1973.-91 с.
2. Лазаренко Б.Р. Электрическая теория искровой электрической эрозии металлов / Б.Р. Лазаренко, Н.И. Лазаренко // Проблемы электрической обработки материалов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 33 – 36.
3. Верхотуров А.Д. Технология электроискрового легирования / А.Д. Верхотуров, И.М. Муха. – К.: Техника, 1982. – 181 с.
4. Верхотуров А.Д. Электродные материалы на основе карбидов вольфрама и титана для электроискрового легирования стали / А.Д. Верхотуров, С.Н. Кириленко, В.Т. Бондарь // Электрофизические и электрохимические методы обработки. – М.: НИИмаш, 1980. – №4. – С. 3 – 5.

5. Назарец В.С. Влияние электроискровой обработки на эксплуатационные свойства валиков прокатных станов / В.С. Назарец // Электронная обработка материалов. – 1979. – № 1. – С. 88 – 90.
6. Петросьянц А.А. Повышение долговечности деталей нефтепромыслового оборудования / Петросьянц А.А., Белоусов В.Я., Саркисов В.С. – М.: Недра, 1976. – 211 с.
7. Пашечко М.И. Формирование и фрикционная стойкость евтектических покрытий / Пашечко М.И., Голубец В.М., Чернец М.В. – К: Наук. Думка, 1993. – 344 с.
8. Установка “Элитрон -24А”: Паспорт. – Кишинев: Академия наук МССР, 1989. – 21с.
9. Напряжение и деформации в элементах микросхем / В.С. Сергеев, О.А. Кузнецов, Н.П. Захаров, В.А. Летягин. – М.: Радиосвязь, 1987. – 88 с.
10. Евдокимов Ю.А. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа / Ю.А. Евдокимов, В.И. Колесников, А.И. Тетерин. – М.: Наука, 1980. –228 с.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014

В.В.Раціборинський, Н.В.Раціборинська-Полякова, Л.А.Мацко
Вінницький національний технічний університет
ІНДИВІДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДІЯ ЯК ФАКТОР
БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Індивідуально-психологічні характеристики водія істотно визначають його професійні навички, які в свою чергу створюють передумови дорожніх пригод. Підвищити професійну придатність водіїв можливо за рахунок введення в їх підготовку автомобільних тренажерів.

Ключові слова: автомобільні тренажери, безпека дорожнього руху, індивідуально-психологічні характеристики, професійні навички водія, професійна надійність водія, транспортні системи.

В.В.Раціборинский, Н.В.Раціборинская-Полякова, Л.А.Мацко
ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДИТЕЛЯ КАК
ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ

Индивидуально-психологические характеристики водителя существенно определяют его профессиональные навыки, которые в свою очередь создают предпосылки для дорожно-транспортных происшествий. Повысить профессиональную пригодность водителей можно введением в их подготовку автомобильных тренажеров.

Ключевые слова: автомобильные тренажеры, безопасность движения на дорогах, индивидуально-психологические характеристики, профессиональные навыки водителя, профессиональная надежность водителя, транспортные системы.

V.V.Ratsyborynsky, N.Ratsyborynska-Polyakova, L.Matsko
INDIVIDUALLY-PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DRIVER AS A FACTOR
ROAD SAFETY

Individual psychological characteristics of the driver significantly determine his skills, which in turn create the preconditions for road accidents. Increase the professionalism of drivers can be an introduction to their training of driving simulators. The components of the professional driver reliability is its suitability, readiness and performance. Features of the psychology and physiology must be considered in the selection of drivers, their education and training. Driver reliability problems associated with providing a high level of safety and performance drivers, preserving their physical and mental health, continued professional longevity, especially when the driver intended action in extreme conditions. It is important to develop the psychological components of psychophysiological selection process for driving professions that will improve the quality and training of drivers. The significance of this problem is caused significance of preserving life and health of road users and the need for further reform of the training system drivers. The aim of our study was the analysis of the impact of individual psychological characteristics on the level of mastery of skills, and perspectives for the use of advanced automotive training systems in the preparation of the driver. Increased professionalism and driving safety largely depends on the definition and development of professional and important in today's road traffic conditions, individual psychological qualities driver. Urgent task to solve this problem is the development of automobile simulators that allow it to adjust the required properties.

Keywords: car simulators, traffic safety on the roads, individual psychological characteristics, skills, driver, professional driver safety, transportation systems.

Постановка проблеми. Безпека дорожнього руху залежить від особливостей кожної складової транспортної системи "водій-автомобіль-дорога". Водій розглядається як найважливіший учасник цієї системи, тому що саме недоліки психіки водія дають підстави для виникнення ДТП. "Водій" - як ланка транспортної системи - є людським чинником безпеки руху, який в свою чергу зумовлюється особливостями організму, психіки та професійної підготовленості.

Надійність водія визначається його здатністю безпомилково керувати автомобілем за будь-яких дорожніх умов протягом усього робочого часу. Складовими професійної надійності водія є його придатність, підготовленість і працездатність. Придатність до професії водія виявляють за станом здоров'я і психофізіологічними якостями: швидкість реакції, кмітливість, воля, самовладання, рішучість, сміливість, які можуть бути вирішальними в аварійній ситуації. Підготовленість водія характеризується рівнем його професійних знань, умінь і навичок, які набуваються у процесі навчання та професійної діяльності і є психологічними компонентами водійської майстерності, широкий діапазон яких забезпечує правильні та своєчасні дії в критичних

дорожніх ситуаціях, що і зумовлює рівень підготовленості до виконання своїх обов'язків. Працездатність водія — це можливість виконувати роботу високопродуктивно і якісно, що і забезпечує водійську професійну надійність [15]. Саме тому особливості психології та фізіології людини необхідно враховувати при підборі водіїв, їх вихованні та підготовці.

Актуальність сучасної теоретико-прикладної проблеми надійності водія пов'язана із забезпеченням високого рівня безпеки та працездатності водіїв, збереженням їх фізичного і психічного здоров'я, продовженням професійного довголіття, особливо при діях водія за призначенням в екстремальних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з основних причин аварійності на автомобільному транспорті є недостатня професійна майстерність водіїв. Аналіз дорожньо-транспортних пригод показує, що неправильні та неузгоджені дії в більшості випадків зумовлені помилками в оцінці дорожньо-транспортних ситуацій і прогнозі їх подальшого розвитку. Досягнення успіху безаварійного водіння тісно пов'язане із максимальним проявом фізичних, психологічних, інтелектуальних та особистих якостей. Специфічні вимоги професійної діяльності обумовлюють особливості методики підготовки водія [15].

Безпека дорожнього руху значною мірою залежить від професійної підготовленості водіїв. Саме тому виникає потреба у пошуку ефективних шляхів розвитку професійної готовності водіїв автотранспорту до дій в екстремальних ситуаціях та обґрунтуванні психологічних підходів в підвищенні ефективності цього процесу, задля цього слід виявити основні об'єктивні та суб'єктивні чинники, які визначають професійну надійність водіїв автотранспорту в екстремальних ситуаціях, розробити ефективну психологічну програму розвитку професійної готовності водіїв автотранспорту до дій в екстремальних ситуаціях. Крім цього, важливо розвивати психологічні складові процесу психофізіологічного добору на водійські професії, які й підвищують якість професійної підготовки водіїв. Значущість цього обумовлюється вагомістю проблеми збереження життя та здоров'я учасників дорожнього руху, а також необхідністю подальшого реформування системи професійної підготовки водіїв [1].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Оpubлікована значна кількість робіт, в яких розглядаються питання психофізіологічних особливостей водіїв та значення окремих параметрів та якостей для їх професійної успішності. Але в них представлені загальні психофізіологічні закономірності функціонування і практично не висвітлюються можливості розвитку їх в процесі підготовки, зокрема на автомобільних тренажерах. На сьогодні не розроблені методики використання автомобільних тренажерів для розвитку та корекції конкретних необхідних водію індивідуально-психологічних особливостей, які є базовими в його професійній надійності.

Метою роботи було проведення аналізу проблеми впливу індивідуально-психологічних якостей на рівень опанування професійними навичками, а також визначення перспектив використання новітніх автомобільних тренажерних систем в процесі підготовки водія.

Основні результати дослідження

Особливості впливу індивідуально-психологічних характеристик водія на його професійну підготовленість. Для розробки науково обґрунтованих методів виховання і навчання водіїв, правильного розуміння їх дій і вчинків у складних дорожніх умовах, необхідно не тільки враховувати окремі психічні якості (увагу, мислення, сенсомоторні реакції і т.д.), які характеризують людину та її здатність опанувати водійську майстерність, а й основні особистісні властивості, а саме: потреби, спрямованість, інтереси, здібності, темперамент і характер, які суттєво визначають стиль водіння та поведінки на дорозі кожного окремого водія.

Здібності людини до професійної діяльності водія автомобіля в основному визначаються такими психофізіологічними якостями як хороший фізичний розвиток, витривалість, достатня спритність і хороша координація рухів; легкість формування рухових навичок; високий ступінь розвитку органів чуттів, особливо органів зору та суглобово-м'язового чуття; швидкість і точність сенсомоторних реакцій; швидкість і точність визначення швидкості руху і просторових відносин; гарний розподіл, швидка переключеність і висока стійкість уваги; хороша зорова й оперативна пам'ять, висока готовність пам'яті; наполегливість, рішучість, сміливість, терпіння; технічне мислення, інтерес до професійної діяльності; емоційна стійкість, самовладання, дисциплінованість; ініціативність, кмітливість.

Крім цього поведінку людини в різних життєвих ситуаціях, зокрема дії та вчинки водіїв у

процесі керування автомобілем, що має враховуватися при навчанні та підборі водіїв до різних видів професійної діяльності визначають стійкі психічні властивості такі як темперамент і характер. Індивідуальні особливості - жвавість, енергійність, рухливість, млявість, повільність, малорухомість - є зовнішнім вираженням темпераменту людини. Саме темперамент – як психічна властивість особистості характеризує динаміку протікання психічних процесів, впливає на темпи протікання психічних процесів і проявляється в поведінці, вчинках і діях людей. Розрізняють чотири основних темпераменти: сангвінік, холерик, флегматик, меланхолік, але у чистому вигляді темпераменти зустрічаються дуже рідко, як правило, в людині поєднується низка рис, характерних для кількох темпераментів. Особливості темпераменту залежать від типу вищої нервової діяльності і визначаються врівноваженістю і рухливістю збудливого і гальмівного нервових процесів. Сила нервової системи людини виражається у здатності протистояти високим психічним і фізичним навантаженням. Врівноваженість водія виражається у співвідношенні сил роздратування і збудження, що обумовлює стійкість настрою, при цьому має бути відсутня підвищена дратівливість. Рухливість нервових процесів характеризує легкість переходу від стану збудження до стану гальмування, і навпаки, а також можливість вільного переключення між різними видами діяльності та здатність швидко пристосовуватись до нових обставин. В умовах інтенсивного міського руху водій має своєчасно і точно сприймати швидкоплинну дорожню обстановку і виконувати необхідні керуючі дії, часто вибирати одну із двох протилежних дій, таких як: обганяти чи ні, гальмувати або не гальмувати. Своєчасно припинити розпочаті дії, швидко переключати увагу на об'єкти дороги, показання контрольних приладів і т.д. Ці особливості діяльності водія висувають дуже високі вимоги до рухливості та врівноваженості його нервових процесів [3].

Основні характеристики нервових процесів (сила, врівноваженість, рухливість, динамічність і лабільність) впливають на особливості виконання професійної діяльності, хоча різні професії потребують різних властивостей. Індивідуально-типологічні особливості водія майже не змінюються протягом професійного шляху і відносяться до найбільш стабільних властивостей. Одна й та ж сама типологічна властивість з позицій професійної успішності може мати і позитивні, і негативні прояви: слабкість нервових процесів зумовлює низьку межу працездатності і одночасно високу чутливість; інертність нервових процесів виявляється в малих показниках швидкості нервової діяльності, але, в той же час і в міцності тимчасових зв'язків. Різні ж типи вищої нервової діяльності необхідно розглядати не як різні ступені досконалості нервової діяльності, а як «різні способи урівноважування організму із середовищем» [17].

Індивідуальний стиль діяльності зумовлюється типологічними особливостями людини і включає в себе не тільки зовнішні практичні способи дії, але й способи і прийоми організації психічної діяльності, такі як, способи розумових дій, організації уваги [8].

Залежно від індивідуально-типологічних властивостей водія, у нього по-різному відбувається зміна функціонального стану, що впливає на ступінь його стомлення і на активність регуляторних систем організму [3].

Аналізуючи загальну будову діяльності, О.М. Леонт'єв підкреслював, що людська діяльність не існує інакше, як у формі дії або ланцюга дій, тобто будь-яка трудова діяльність являє собою систему дій. У різних видах праці вони мають різний характер, проте для всіх дій - моторних, сенсорних, розумових, характерні: доцільність (цілеспрямованість); адекватність існуючого алгоритму дії актуальному стану об'єкта праці; опосередкованість дії знаряддями праці; поліефекторність трудових дій, що означає можливість виконання однієї й тієї ж дії за допомогою різних груп м'язів; певне співвідношення фіксованих, автоматичних і мінливих компонентів; суспільна обумовленість трудових дій, що виражається в тому, що вони регулюються не тільки людиною, яка виконує їх, але й іншими людьми [9]. Спосіб, яким виконується дія, О.М. Леонт'єв позначає поняттям «операція». Операція відповідає умовам дії, а не безпосередньо меті, і за допомогою одних і тих же операцій можуть здійснюватися різні дії. Одна ж і та сама мета при зміні умов, може досягатися за допомогою різних операцій. «Отже, в загальному потоці діяльності, який утворює людське життя в її вищих, опосередкованих психічним відображенням проявах, аналіз виділяє, по-перше, окремі діяльності – за критерієм спонукаючих мотивів. Далі виділяються дії – процеси, що підкорюються свідомим цілям. Нарешті, це операції, які безпосередньо залежать від умов досягнення конкретної мети. Ці «одиниці» людської діяльності й утворюють її макроструктуру» [13].

При управлінні автомобілем в умовах дефіциту часу якість роботи водія залежить від швидкості й точності його дій у відповідь на інформацію, яка надходить від дороги, автомобіля і середовища руху. У відповідь на ці сигнали він виконує відповідні дії, які називаються психомоторними, або сенсомоторна реакція – виконання рухового акту у відповідь на якийсь подразник, що сприймається органами чуттів.

Час реакції залежить і від інтенсивності уваги водія, а саме від рівня напруги уваги при сприйнятті дорожньої обстановки. Так раптова небезпека може значно збільшити час реакції: при керуванні автомобілем на порожніх вулицях у нічний час, коли інтенсивність уваги і готовність різко знижені, виникнення аварійної обстановки для водія завжди несподіване, у результаті чого час відповідних реакцій різко зростає; в умовах інтенсивного міського руху, коли посилюється увага, час реакції значно зменшується. В оригінальному експерименті з використанням лабораторного обладнання Р. Ротенбергом була встановлена середня величина часу реакції при екстремому гальмуванні – 1,236с [14]. Разом з тим автори вважають, що у водія немає чітко визначеного часу реакції. Тому можна говорити лише про 50 % ймовірність цього показника.

Досвід літніх водіїв, їх вміння прогнозувати зміну дорожньої обстановки, далеко не завжди компенсує це збільшення часу реакції зумовлене віковими особливостями, тому перевищення ними швидкості особливо небезпечне, оскільки на високих швидкостях у них значно частіше виникає дефіцит часу. Різке уповільнення реакції відзначається у водіїв при прийомі навіть малих доз алкоголю, збільшення тривалості реакції та порушення її точності у водіїв при управлінні автомобілем у стані сп'яніння є основними причинами їх помилкових дій. Від часу реакції водія залежить гальмівний шлях автомобіля при екстремому гальмуванні: загальний час реакції включає в себе час реакції водія, час спрацьовування гальмівного приводу і час дії гальм [4].

Індивідуальні особливості водія і конкретної дорожньої обстановки зумовлюють прояв у діяльності різних якостей уваги, яка дуже пов'язана з волею. Залежно від участі вольової регуляції розрізняють довільну і мимовільну увагу [2].

Безпечно, безпомилкове водіння автомобіля пов'язано з довільною увагою. Мимовільна увага може допомагати довільній увазі, яка потребує значного вольового зусилля і нервового напруження, стомлює водія. Обсяг уваги – це кількість об'єктів, які можуть бути сприйняті одночасно і досить ясно. Людина одночасно може охопити 4–6 об'єктів, а на дорозі не більше двох-трьох знаків [6;10]. Це пояснюється тим, що її увага, крім сприйняття об'єктів на дорозі, включається виконанням дій керування автомобілем (контролем за роботою двигуна, зчитуванням показань приладів і т. д.). У досвідченого водія обсяг уваги ширше, ніж у водія з невеликим досвідом водіння. Обсяг уваги можна розвинути спеціальними вправами і практикою.

Переключення уваги – це здатність швидко змінювати об'єкти, на які спрямована увага, або швидкість переходу від одних видів діяльності до інших. Саме від швидкості переключення уваги залежать швидкість і точність дій водія. Цей параметр відмінний у різних людей, і залежить від рухливості їх нервових процесів. Уповільнене переключення уваги свідчить про інертність перебігу психічних процесів. Для водіїв, щоб не допустити помилок при керуванні автомобілем, важливо швидко переключати увагу з одного об'єкта на інший, своєчасно припинити розпочаті дії, а за потреби змінювати їх на протилежні. Швидкість переключення уваги залежить від досвіду водія. Виробити автоматизовані, але досить гнучкі навички переключення уваги при виконанні обгону, переїзді, перехрестя, зміні смуги можливо у результаті систематичних тренувань. Набуття такого роду навичок є необхідною умовою надійності водія при керуванні автомобілем у складних дорожніх умовах. Розподіл уваги – це здатність людини до виконання декількох різних дій одночасно. Успішне розподілення уваги між двома різними діями можливо тоді, коли одна з поєднаних дій добре завчена, унаслідок чого виконується автоматично. У цьому випадку основна дія знаходиться в центрі свідомості, а інша (автоматизована) лише контролюється свідомістю. Переключення і розподіл уваги в поєднанні з правильною послідовністю дій і активністю спостереження є основою вчасного визначення можливого ускладнення дорожньої обстановки, передбачливості.

Важливими для водія якостями є інтенсивність і стійкість уваги. Інтенсивність уваги – це ступінь її напруги при сприйнятті об'єкта. Інтенсивність уваги знижується при одноманітному ландшафті місцевості, монотонному шумі та вібрації, на прямих ділянках дороги великої протяжності, при керуванні автомобілем в темний час доби. Ослаблення інтенсивності уваги водія призводить до небажаних наслідків: знижується його готовність до дій при несподіваній зміні

дорожньої обстановки; можливі перевищення швидкості, виїзд із займаного ряду, різке гальмування, запізнити й помилкові дії на дорожні знаки і т. д. Під стійкістю уваги розуміють здатність тривало утримувати її на виконанні одного завдання і на предметах, які мають безпосереднє відношення до цього. Високої стійкості уваги вимагає управління автомобілем в умовах інтенсивного руху, на складних ділянках доріг при несприятливих атмосферних умовах зовнішнього середовища. Для управління автомобілем в умовах міста вже є небезпечним зниження уваги на 20%. Концентрація інтенсивної уваги – це ступінь її напруженості при сприйнятті об'єкта, і чим більше концентрація уваги, тим повніше і чіткіше сприйняття об'єкта. Концентрація уваги водія залежить від умов на дорозі: на перехресті вона буде більше, ніж при русі на прямій дорозі [2].

Мислення, включене у трудову діяльність, досліджувалося Б.М. Тепловим і було названо ним практичним [17]. Він відзначив низку особливостей практичного мислення: воно безпосередньо вплетене у практичну діяльність, результати рішення відразу піддаються перевірці; створюється план операції, який належить не до символів та знаків, а до реальних об'єктів або процесів; майже завжди є жорсткий ліміт часу, що створює неможливість висунення безлічі гіпотез. Процес активного мислення викликається необхідністю вирішити актуальне завдання, що у діяльності водія найчастіше завершується відповідним руховим актом. Правильність рішень і дій водія досягається досвідом, який дозволяє швидко оцінювати дорожню обстановку, своєчасно виконати необхідні дії.

Встановлено, що професія водія розвиває і вдосконалює необхідні якості мислення. Так, досвідчені водії, які володіють високою професійною майстерністю, навіть у повсякденному житті відрізняються швидкою кмітливістю, винахідливістю, швидкістю прийняття рішень, швидкими і точними діями при раптовій зміні обстановки. Однак для формування необхідних якостей корисне спеціальне тренування не тільки в реальних дорожніх умовах, але шляхом моделювання складних ситуацій чи окремих їх елементів за допомогою автомобільних тренажерів і спеціальних стендів.

Процес сприйняття, збереження та відтворення минулого досвіду (того, що ми раніше сприймали, переживали чи робили) називається пам'яттю. Запам'ятовування за фізіологічним механізмом є утворенням і закріпленням в корі великих півкуль головного мозку нервових зв'язків, що виникають при отриманні нових знань, заучуванні правил, дій і т. д. Залежно від участі вольової регуляції запам'ятовування може бути мимовільним і довільним.

Мимовільне запам'ятовування виникає неусвідомлено. Довільне запам'ятовування дає значно більший ефект, воно буде більш повним і точним, якщо заздалегідь поставити собі мету, продумати необхідні мнемічні прийоми і зусиллям волі активно прагнути запам'ятати необхідну інформацію. У водія останнє найбільш чітко виражається в заучуванні правил дорожнього руху. Застосування спеціальних мнемічних прийомів (використання правил в реальних дорожніх умовах, при моделюванні елементів діяльності водія на автомобільних тренажерах і спеціальних стендах) при довільному запам'ятовуванні дозволяє більш швидко і точно запам'ятовувати необхідну інформацію.

В довготривалій пам'яті зберігається професійний досвід. Але професійна діяльність спирається на оперативну пам'ять, функції якої підпорядковані завданням і цілям цієї діяльності, пов'язані з її змістом, вона потрібна водієві для запам'ятовування на короткий час мінливої поточної інформації від дороги, середовища руху і свого автомобіля. Умовами діяльності суворо обмежені в цьому випадку і час запам'ятовування, і час відтворення. Запам'ятовування в оперативній пам'яті є довільним, але воно не є завчанням. Типовим для оперативної пам'яті є утримання матеріалу для використання його у процесі прийняття рішення або будь-якої іншої операції. Оперативна пам'ять тісно пов'язана з довготривалою: вона спирається на способи запам'ятовування і різні мнемічні прийоми, вироблені в інших видах діяльності. У свою чергу довгострокова пам'ять використовує прийоми та способи запам'ятовування, що склалися всередині оперативної пам'яті. Між цими двома видами пам'яті існує тісний зв'язок і стосовно обміну інформації [5].

Сприйняття людиною навколишнього світу завжди супроводжується виникненням певних почуттів або переживань. Переживання людиною свого ставлення до того, що вона пізнає, робить, самого себе, своїх дій називається емоціями. Емоції можуть бути як позитивними, так і негативними. Вивчення емоційних особливостей праці водія дозволяє зрозуміти вплив емоційного стану водія на його працездатність. Більшість емоцій, що виникають у процесі трудової діяльності

водія, пов'язані з умовно рефлекторними механізмами або поєднанням умовно і безумовно рефлекторних механізмів [11]. Емоції обов'язково спричиняють певні зміни у фізіологічному стані організму, що знаходить і своє зовнішнє вираження.

Водій на дорозі постійно вирішує актуальні питання: обганяти того, хто їде попереду, або не обганяти, подолати підйом сходу або перемкнути важіль коробки передач на нижчу передачу, зменшити швидкість перед невеликим поворотом дороги або не зменшити і т.д. Боротьба мотивів закінчується прийняттям рішення, яке є поштовхом до дії. У вольовому акті важливе значення має виконання прийнятого рішення. У діяльності водія нерідко виникають дорожні ситуації, які вимагають прийняття миттєвих рішень, вирішення яких може відкладатися через несподівано виникаючі труднощі. Вміння долати ці труднощі та швидко виконувати необхідні керуючі дії у критичних дорожніх ситуаціях характеризує силу волі водія. Вольові дії завжди пов'язані з подоланням внутрішніх або зовнішніх перешкод. В усякому вольовому акті виділяється підготовчий період, коли людина внутрішньо готує себе до вчинення вольової дії. Цей період характеризується двома моментами: боротьбою мотивів і рішенням. У підготовчому періоді людина оцінює значення кожного з мотивів, уявляє собі можливі наслідки при виборі того чи іншого мотиву і тільки тоді приходить до остаточного рішення. У психології воля визначається як свідомо регуляція людиною своєї поведінки і діяльності, що виражається в умінні долати внутрішні та зовнішні труднощі при здійсненні цілеспрямованих дій і вчинків [16].

Значення таких вольових властивостей, як цілеспрямованість, наполегливість і завзятість, рішучість і сміливість, ініціативність і самостійність, витримка і самовладання, визначається характером праці, особливостями професійного середовища, специфічними труднощами. А.Ц. Пуні [12] переконливо показав своєрідність і динаміку структури волі в різних видах спорту, але його теоретичні положення можуть бути поширені на трудову діяльність. Пуні розглядає сукупність вольових якостей як рухливу, динамічну систему, ланки якої можуть по-різному співвідноситися між собою, утворюючи певну структуру. Провідна роль тієї чи іншої вольової властивості визначається типовими, відносно стійкими об'єктивними умовами діяльності. Стабільність чи рухливість структури вольових властивостей залежить від ступеня стійкості умов діяльності. У мінливих умовах в якості провідної вольової властивості може виступати то одна, то інша властивість, змінюється і взаємодія цих властивостей. А.Ц. Пуні вважає, що в кожному вольовому прояві особистості містяться інтелектуальні компоненти, бо воля – діяльна сторона розуму; емоційні (мотиваційні), бо воля – діяльна сторона моральних почуттів; операційні компоненти (уміння), бо прояви волі пов'язані з подоланням перешкод різного ступеня складності [12]. Звідси фундаментом вольової підготовки має бути створення інтелектуальних основ волі (самостійності, критичності, гнучкості розуму), моральних основ волі (моральне виховання) і формування умінь долати перешкоди.

Дослідження М.М. Ільїної [7] показали, що вольові властивості та їхня динаміка залежать і від природних особливостей, і від соціальних факторів. Так витривалість розглядалась як здатність людини тривалий час виконувати роботу на постійному, заданому умовами діяльності рівні та протистояти при цьому наступаючому стомленню за рахунок вольового зусилля. Була виявлена тенденція залежності витривалості від ступеня рухливості процесу збудження (в осіб з інертністю збудження вона більше).

Аналіз можливостей використання автомобільних тренажерів для підготовки водія. Безпека дорожнього руху і зниження аварійності на дорогах є важливим завданням, вирішити яке можливо через удосконалення методики підготовки, підвищення професіоналізму і безаварійності водіння. Досягти цього можливо за допомогою пристроїв, що використовуються для навчання людини, формування у неї тих або інших навичок, або автомобільних тренажерів. Історія використання автомобільних тренажерів тісно пов'язана з автомобілями: першим автомобільним тренажером став перший списаний автомобіль. На початку створення автомобільних тренажерів застосовували з метою ознайомлення з розміщенням та порядком роботи з органами керування, зусиллями, що потрібно прикласти до важелів та педалей автомобіля, здобуття й відпрацювання навичок керування автомобілем в стаціонарних умовах. Вже з 20-х років минулого століття підготовка водіїв здійснювалась за допомогою автомобільних тренажерів, які імітували рух на дорозі. Сучасний світовий ринок тренажерів є достатньо різноманітним за витратами та призначенням. Безумовними лідерами у галузі тренажерного виробництва є такі країни, як США, ФРН, Ізраїль та Франція, які вже створюють складні тренажерні системи четвертого та п'ятого

покоління. Важливою перевагою тренажера є можливість виділити для вдосконалення визначених навичок тільки ту частину дорожньої ситуації та інформації, що сприймається, яка необхідна для формування відповідної навички. Це дозволяє більш об'єктивно оцінювати дії учня, під час імітації конкретної дорожньо-транспортної ситуації (обгін, перестроювання з ряду в ряд, зустрічний роз'їзд тощо) та формувати у нього здатність до прийняття найбільш адекватних рішень відповідно до ситуації або вибору серед декількох альтернативних рішень. Обладнаний психофізіологічними приладами тренажер дозволяє не тільки визначити індивідуально-психологічні характеристики водія при виконанні необхідного маневру, але й необхідні для вирішення професійних завдань якості, прищепити йому навички поведінки в екстремальних ситуаціях [15].

Висновки

Підвищення професіоналізму та безпеки водіння в значній мірі залежить від визначення та розвитку професійно-важливих в сучасних дорожньо-транспортних умовах індивідуально-психологічних якостей водія. Актуальним завданням вирішення цієї проблеми є розробка автомобільних тренажерів, які дозволять коригувати саме необхідні властивості.

Перспективи подальшого розвитку сучасних тренажерних технологій для оптимізації індивідуально-психологічних характеристик водія та його професійної підготовки. Включення в процес навчання водінню автомобіля сучасного тренажерного обладнання дозволяє не тільки суттєво підвищити ефективність і якість навчання; за рахунок формування у майбутніх водіїв навичок поведінки в складних аварійних і екстремальних ситуаціях підвищити безпеку дорожнього руху; досягти економії пально-мастильних матеріалів, моторесурсу навчальної техніки; кардинально поліпшити екологію в містах за рахунок зменшення забруднення повітряного середовища вихлопними газами двигунів, що працюють на нижніх передачах; оптимізувати працю викладачів за рахунок автоматизації навчання. Використання тренажерів створених відповідно до вимог сучасних автомобілів дозволять вивести підготовку водіїв на якісно новий рівень: розвивати саме необхідні індивідуально-психологічні якості та формувати навички відповідно до особливостей та вимог новітніх автомобілів та сучасний доріг.

1. Бриндіков Ю.Л. Развитие профессиональной готовности водителей автотранспорта до действий в экстремальных ситуациях: автореф. дис. канд. психол. наук. / Ю.Л.Бриндіков. – Хмельницький, 2009. - 22 с.
2. Вопросы психофизиологии человека на автомобильном транспорте / Н.В. Борисюк, С.А. Елисеева, В.Н. Иванов, В.Н. Сытник. – М. : Высшая школа, 1973. – 308 с.
3. Гюлев Н.У. К вопросу о зависимости функционального состояния водителя от его индивидуально-типологических свойств / Н.У. Гюлев // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Х. : ХНАМГ, 2011. – Вип. 97. – С. 314–319.
4. Гюлев Н.У. Об изменении времени реакции водителя вследствие пребывания в транспортном заторе / Н.У. Гюлев // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2011. – № 2. – С. 117–120.
5. Зинченко П.И. К постановке проблемы оперативной памяти / П.И. Зинченко, Г.В. Репкина // Вопр. психол. – 1964. – № 6. – С. 3–12
6. Игнатов Н.А. Психофизиологические основы труда шофера / Н.А. Игнатов. – М. : Высшая школа, 1969. – 102 с.
7. Ильина, М.Н. Связь способности к проявлению выносливости и волевого усилия с некоторыми психофизиологическими и психовозрастными характеристиками человека : автореф. дис. канд. психол. наук. / М.Н. Ильина. – Ленинград, 1976. – 24 с.
8. Климов Е.А. Индивидуальный стиль деятельности в зависимости от типологических свойств нервной системы / Е.А. Климов. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1969. – 280 с.
9. Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность / А.Н. Леонтьев. – 2-е изд. – М. : Политиздат, 1977. – 304 с.
10. Мишуринов В.М. Надежность водителя и безопасность движения / В.М. Мишуринов, А.Н. Романов. – М., 1990. – 167 с.
11. Платонов К.К. Вопросы психологии труда / К.К. Платонов. – М. : Медицина, 1970. – 264 с.
12. Пуни А.Ц. Некоторые вопросы теории воли и волевая подготовка спортсмена / А.Ц. Пуни // В кн.: Психология и современный спорт. М., 1973. – С. 144–162.
13. Розе Н.А. Психомоторика взрослого человека / Н.А. Розе. – Л., 1970.
14. Ротенберг Р.В. Время реакций водителей / Р.В. Ротенберг, Ш.И. Хубелашвили // Автомобильный транспорт. – 1977. – № 8. – С. 54–56
15. Рудковський О.М. Особливості методики підготовки водія автомобіля з використанням сучасних технологій моделювання з урахуванням його психофізіологічних якостей / О.М. Рудковський // Підготовка військових фахівців: Військово-технічний збірник. – 2013. – № 1(8). – С. 107–112.
16. Селиванов В.И. Проблема воли в советской психологии / В.И. Селиванов // Вопр. психол. – 1964. – № 1. – С. 83–93.
17. Теплов Б.М. Проблемы индивидуальных различий / Б. М. Теплов. – М., 1961. – С. 9–20.

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2014

УДК 656.11

Ю.Я.Ройко, О.М.Грицунь
Національний університет «Львівська політехніка»
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДІЛЯНОК
ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ КООРДИНОВАНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ

У роботі досліджено вплив планувальних характеристик магістральних вулиць на показник миттєвої швидкості руху у групах автомобілів, як чинника ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі у системах координованого регулювання. Наведено результати дослідження стійкості груп транспортних засобів у потоці на основі аналізу швидкості руху, складу потоку та довжини ділянки вулиці між перехрестями в умовах світлофорного регулювання.

Ключові слова: миттєва швидкість руху, склад транспортного потоку, інтенсивність руху, вулично-дорожня мережа, координоване регулювання.

Рис 3. Літ 10.

Ю.Я.Ройко, О.М.Грицунь
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ
УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ КООРДИНИРОВАННОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ

В работе исследовано влияние планировочных характеристик магистральных улиц на показатель мгновенной скорости движения в группах автомобилей, как фактора эффективности функционирования улично-дорожной сети в системах координированного регулирования. Приведены результаты исследования устойчивости групп транспортных средств в потоке на основе анализа скорости движения, состава потока и длины участка улицы между перекрестками в условиях светофорного регулирования.

Ключевые слова: мгновенная скорость движения, состав транспортного потока, интенсивность движения, улично-дорожная сеть, координированное регулирование.

Y. Royko, O. Grytsun
INCREASING EFFICIENCY OF ROAD NETWORK LINKS OPERATING IN
COORDINATE CONTROLLING CONDITIONS

Work is dedicated to investigating the impact of magisterial roads planning features on momentary traffic speed, which is the efficiency factor for road network operating in coordinate controlling systems. In paper is shown the research results of car groups in the traffic flow stability on the basis of motion speed, traffic flow composition and street link length between intersections with lights

Key words: momentary motion speed, traffic flow composition, traffic intensity, road network, coordinate controlling

Постановка проблеми

Одним із шляхів розв'язання проблеми перевантаження вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста в умовах зростання автомобільного парку та об'єму перевезень, є підвищення ефективності її використання за рахунок впровадження сучасних технологій, засобів і систем управління дорожнім рухом, зокрема – удосконалення технології управління світлофорною сигналізацією на перехрестях.

Пропускна здатність регульованих перехресть залежить від їх геометрії, режиму роботи засобів регулювання і характеристик транспортного потоку. Найбільш важливими серед них є: ширина ділянки перед перехрестям, її поздовжній профіль, наявність (або відсутність) зон стоянки на цій ділянці, ширина проїжджої частини перехрестя, ширина проїзної частини на виході із зони перехрестя, радіуси поворотів, поздовжня розмітка в зоні перехрестя і тривалість фази зеленого сигналу світлофора [6,8,10]. Проте, якщо геометрія є практично незмінною в часі, режими світлофорного регулювання можуть мати від однієї до безлічі програм, то характеристики транспортного потоку змінюються постійно, залежно зміни первинних показників (інтенсивності, швидкості, складу руху, тощо).

Підвищити пропускну здатність магістральної ВДМ в умовах світлофорного регулювання можливо за рахунок впровадження систем координованого управління. Саме магістральні вулиці та дороги відповідають критеріям для впровадження таких систем, а також вулиці з однобічним рухом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для організації координованого управління необхідне виконання таких умов: наявність не менше двох смуг руху для кожного напрямку; однаковий або кратний цикл регулювання на всіх перехрестях, які входять в систему координації; транзитність потоку має становити не менше 70%; відстань між сусідніми перехрестями не має перевищувати 800 м [4,7,9]. Ці умови ґрунтуються на таких припущеннях: наявності хвильових процесів у транспортному потоці, які спричинені світлофорним регулюванням та мають визначені параметри – щільність, швидкість та інтервал в русі транспортних засобів; оптимальний режим для руху транспорту досягається в тому випадку, коли автомобілі рухаються від одного світлофорного об'єкту до іншого групами і прибувають на початок появи дозволяючого сигналу [3,4,7,9].

Одними з основних показників і явищ, які впливають на значення тривалості циклу світлофорної сигналізації, є швидкості та утворення і прискорення груп автомобілів під час проїзду регульованих перехресть [3,7]. Неправильно визначені параметри керування роботою світлофорів призводять до накопичення черг автомобілів перед перехрестями.

На швидкість руху автомобіля впливають багато чинників: тип автомобілів (легковий, вантажний автомобіль без причепа, комбінація вантажного автомобіля з причепом або автобус), а також його технічний стан; чинники, пов'язані з типом і станом дороги (кривизна в плані, величина і довжина ухилів, кількість смуг руху та тип дорожнього покриття, відстань видимості, ширина вулиці і частота розташування перехресть) [1,2,5]. Швидкість руху на вулицях міста залежить в основному від повторюваних «піків» інтенсивності руху, методів і засобів регулювання вуличного руху, ситуацій на перехрестях, а також інших фізичних і фізіологічних перешкод руху, властивих міському середовищу [8,10].

Швидкість руху – одна з двох основних цільових функцій [9]. У дорожньому русі розрізняють кілька видів швидкостей, основними з яких є: швидкість сполучення, середня технічна, миттєва, крейсерська, максимальна, дозволена, рекомендована, економічна, безпечна та оптимальна швидкості. З переліченого ряду швидкостей руху три швидкості: миттєва, середня технічна та сполучення, мають чіткі межі і фізичний зміст [3,9]. В умовах координованого управління необхідно визначити середні швидкості для транспортних засобів та груп автомобілів у потоці для того, щоб знати своєчасне їх прибуття до наступного перехрестя.

Розглянемо процес утворення груп автомобілів у транспортному потоці. За світлофорного регулювання транспортні засоби формуються в окремі групи (пачки). Вони утворюються в результаті накопичення транспортних засобів перед «стоп-лінією» в період ввімкненого заборонного сигналу. Після ввімкнення дозволяючого сигналу транспортні засоби залишають перехрестя і продовжують рухатися у вигляді групи. Швидкість під час роз'їзду транспортного потоку на перехресті є різною, особливо для перших 4-6-ти автомобілів в черзі [3]. Щодо складу транспортного потоку, то проблема полягає в тому, що кожен транспортний засіб має свої динамічні характеристики, які відрізняються від інших. Це, у свою чергу, впливає на величину черги транспортних засобів під час роз'їзду на зелений сигнал світлофора. Під час роз'їзду черги, обмеженням у русі для першого автомобіля є його тягово-швидкісні характеристики. Для другого і наступних автомобілів обмеженнями є інтервали безпеки до транспортного засобу, що їде попереду, і його швидкість, оскільки максимальною для кожного наступного автомобіля буде швидкість автомобіля, що їде попереду [4,9].

На початку перегону, безпосередньо за перехрестям, інтенсивність груп автомобілів близька до потоку насичення. У процесі подальшого руху групи починається її розпад, зумовлений різницею швидкостей транспортних засобів, які її утворюють. Розкид швидкостей обумовлений різномірністю складу транспортного потоку, а також впливом індивідуальних особливостей водія. Цей процес прогресує з відстанню віддалення групи від попереднього перехрестя. Прибуття автомобілів до наступного перехрестя має випадковий характер. Однозначно, на динаміку цього процесу, крім складу потоку та індивідуальних якостей водія, має вплив кількість смуг в даному напрямку руху, інтенсивність руху, наявність на перегоні зупинних пунктів громадського транспорту, пунктів притягання пішоходів, тощо.

Групоподібний характер потоків має велику роль за організації координованого управління. Зі зменшенням відстані між перехрестями зменшується ймовірність розпаду групи і, таким чином, необхідно менше часу для її пропуску на наступному перехресті [7].

Різними авторами встановлюються такі межі відстаней між перехрестями, коли ефективність роботи системи координованого управління є найбільшою. Так, за Ю. А. Кременцем така відстань становить 100 – 800 м [4], за П. В. Русевським – 150 – 600 м [7], за В. П. Поліщуком – 100 – 300 м [9], за Ю. А. Врубелем – група розпадається за довжини перегону 600 – 800 м [3].

Правильний вибір розрахункової швидкості, а відповідно, зсуву ввімкнення дозвільних сигналів на сусідніх перехрестях, здійснюють великий вплив на ефективність координованого управління. Під час вибору розрахункової швидкості доцільно орієнтуватися на середню швидкість групи, однак, це викликає затримку автомобілів-лідерів, які, у свою чергу, зроблять перешкоду для безупинного проїзду через перехрестя основної частини групи.

Невирішені раніше частини загальної проблеми

Поряд із тим, що у науковій теорії запропонована велика кількість методів та методик підвищення ефективності роботи систем координованого регулювання, на практиці досягти таких результатів надзвичайно складно. Існують дві групи проблем, які при цьому виникають. Перша пов'язана із планувальними особливостями проїзних частин, а друга – із стохастичним характером основних показників транспортного потоку. Складністю є те, що підвищити ефективність функціонування транспортної системи в умовах координованого управління можна досягти лише за умови комплексного підходу у розв'язанні цих проблем, зокрема шляхом визначення раціональних геометричних параметрів ділянок вулично-дорожньої мережі та детального вивчення первинних показників і залежностей між ними.

Мета дослідження

Визначити закономірності утворення та розпаду груп автомобілів у різних за складом транспортних потоках на ділянках вулиць між перехрестями, які мають відмінні геометричні параметри, що дасть можливість оцінити адекватність застосування існуючих моделей опису стану транспортного потоку в просторах, обмежених різними геометричними параметрами (перехрестями та ділянками вулиць і доріг між ними).

Основні результати дослідження

Середні швидкості визначаються шляхом дослідження їх миттєвих значень на основі двох методів. Один з них полягає у вимірюванні часу, який затрачається автомобілем на проходження заданого короткого відрізка дороги (вулиці), а інші - у визначенні швидкості рухомого автомобіля за допомогою відповідних приладів.

Для досліджень на ділянках магістральної ВДМ міста Львова обрано метод вимірювання миттєвих швидкостей у транспортних потоках з допомогою приладу «Радис», який ґрунтується на визначенні їх значень в межах перегонів різної довжини та однакової кількості смуг руху на них.

Результати цих досліджень наведено на рис. 1.

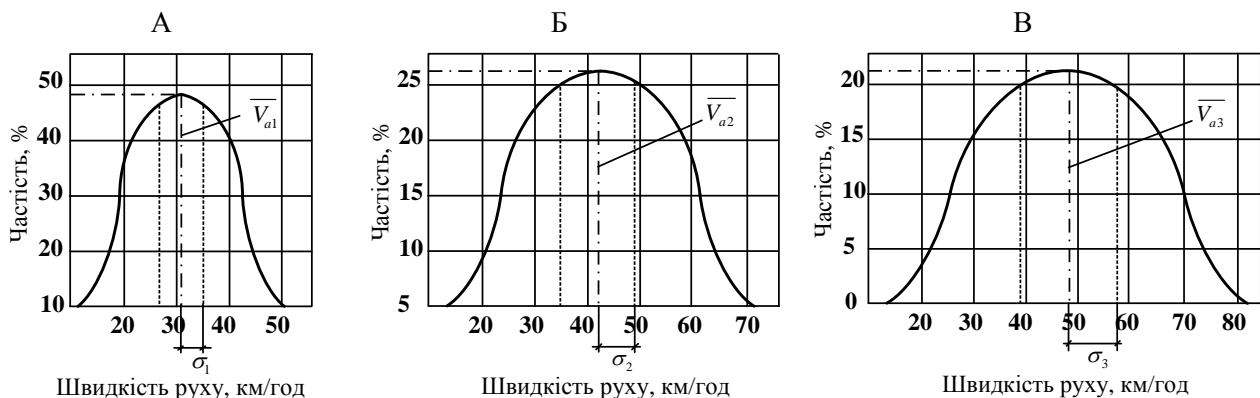


Рис. 1. Дослідження миттєвих швидкостей руху на середині ділянки вулиці між перехрестями різної довжини за однакового складу потоку:

$$A - l_{\text{діл1}} = 75\text{м}; B - l_{\text{діл2}} = 220\text{м}; B - l_{\text{діл3}} = 350\text{м}$$

Аналізуючи результати досліджень (рис. 1), можна помітити тенденцію зміни миттєвих швидкостей легкових автомобілів на ділянках вулиць між перехрестями в умовах світлофорного регулювання залежно їх довжини. Виходячи з умови $l_{\text{діл1}} < l_{\text{діл2}} < l_{\text{діл3}}$, отримуємо зв'язок між величиною середніх миттєвих швидкостей у транспортному потоці $\overline{V_{a1}} < \overline{V_{a2}} < \overline{V_{a3}}$, отже, існує пряма залежність у потоках, де переважають легкові автомобілі (або інші за типом транспортні засоби) між довжиною ділянки вулиці між перехрестями та середніми швидкостями руху. Проте, зі збільшенням миттєвих швидкостей руху відбувається також розпад груп транспортних засобів у

потоці, що пояснюється такою нерівністю $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$, коли середнє квадратичне відхилення також прямо зростає, а частість зменшується, відповідно, все менше автомобілів цього транспортного потоку їдуть з близькими між собою швидкостями. Очевидно, такі результати вказують на розпад групи, і цей розпад буде збільшуватися зі збільшенням неоднорідності потоку. На рисунку 1 зображені одномодальні розподіли, які притаманні потокам високої однорідності, але, якщо у них в умовах багатосмуговості зростатиме частка громадського транспорту та вантажного руху, то розподіли набуватимуть двомодального вигляду, оскільки транспортні засоби структуруватиметься не лише за типом, а й за окремими смугами руху, за умови, якщо розглядається багатосмугова проїзна частина, як у даному випадку. Ця структуризація набуватиме все чіткіших форм зі збільшенням довжини ділянки між перехрестями (в умовах світлофорного координованого регулювання – між стоп-лініями) і, у результаті, зменшуватиме ефективність координації.

Провівши аналогічні дослідження для транспортних потоків, у яких 70-75% складають легкові автомобілі, отримано залежність, зображену на рисунку 2.

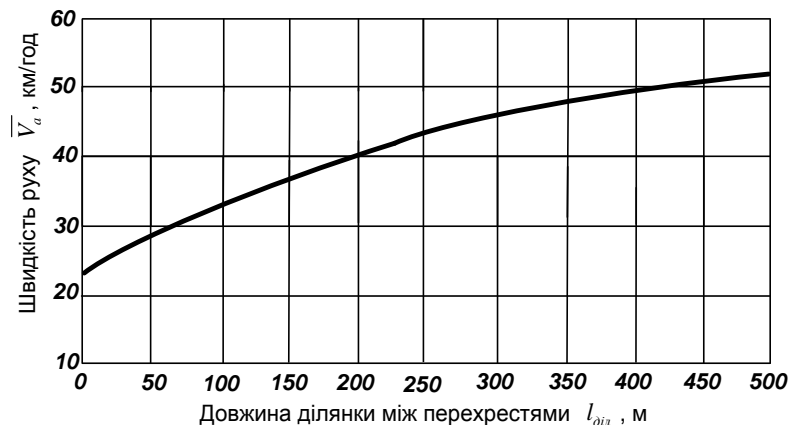


Рис. 2. Залежність зміни середньої миттєвої швидкості руху від довжини ділянки між перехрестями в умовах координованого регулювання

Для того, щоб у повній мірі оцінити період настання розпаду групи автомобілів на різних за довжиною ділянках вулиць між перехрестями на основі аналізу миттєвих швидкостей руху та складу транспортного потоку, зроблено такі обмеження:

- транспортні засоби зупинені перед початком руху на стоп-лінії;
- останнім автомобілем у групі вважався той транспортний засіб, який останнім перетинав стоп-лінію на дозволяючий сигнал світлофора;
- враховувалися групи, які складалася з 50%, 85% та 100% легкових автомобілів;
- вимірювання проводилися на середній смузі трисмугової магістральної вулиці.

Розпад групи транспортних засобів за цієї системи обмежень аналізувався на основі зміни відстані між першим та останнім автомобілями групи у момент, коли автомобіль-лідер під'їжджав до наступної стоп-лінії. Результати досліджень зображено на рисунку 3.

Важливим чинником, який може впливати на результат таких досліджень є тип транспортного засобу, який знаходився першим у групі. За малої відстані між стоп-лініями такий вплив був визначальним, проте, зі збільшенням цієї відстані він зменшувався за рахунок здійснення маневрів випередження. Деякий вплив на характер руху групи автомобілів у середній смузі здійснювала інтенсивність у сусідніх смугах.

Постійні локальні дослідження миттєвих швидкостей руху у транспортних потоках дали можливість стверджувати, що середні швидкості руху двома крайніми смугами лінійно зменшується за зростання інтенсивності руху, у той час як середня швидкість руху крайніми лівими смугами не залежить від зміни цього показника.

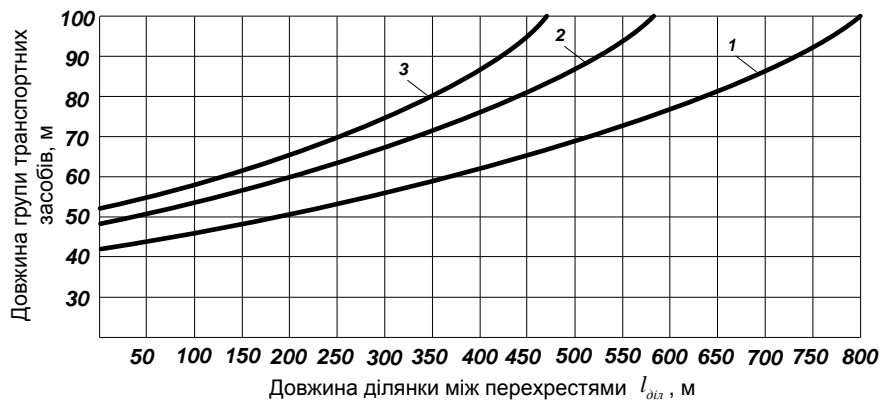


Рис. 3. Дослідження зміни довжини групи транспортних засобів за різної відстані між регульованими перехрестями середньої смуги руху магістральної вулиці:
1 – 100%; 2 – 85%; 3 – 50% легкових автомобілів у групі

Відчутна зміна швидкості руху крайніми правими смугами пов'язана з наявністю там вантажних автомобілів та громадського транспорту, а також транспортних засобів, які здійснюють маневр правого повороту під час з'їзду та виїзду на цю вулицю. Особливо ці чинники є відчутними за наявності ухилів у поздовжньому профілі. Усі ці особливості мають великий вплив на структурування транспортного потоку за критерієм швидкості і, в результаті, на ефективність роботи системи координованого управління.

Висновки

З розглянутого вище можна стверджувати, що найважливішим чинником під час оцінки ефективності роботи системи координованого управління будь-якого типу є швидкість руху. Правильний вибір її проектної величини у цій системі дозволяє з великою точністю розрахувати величину періоду часу, за який групі транспортних засобів гарантується безупинний проїзд через усі перехрестя вулиці, де застосовується координоване управління. Для найкращої роботи такого управління бажано досягати постійного кута нахилу ліній швидкості руху у системі координат «відстань-час». Щоб досягти такого результату, необхідне регулювання швидкісного режиму шляхом введення рекомендованого або примусового його обмеження з допомогою дорожніх знаків. В іншому випадку, у міру зміни величини та складу транспортного потоку за різних довжин ділянок вулиць між перехрестями, досягти постійності цього кута нахилу неможливо і програма координації працюватиме неефективно.

Проведення постійних досліджень за швидкістю руху на магістральних вулицях, де впроваджено системи координованого управління, дає можливість розробляти чіткі та точні алгоритми для програм координації, що робить транспортну систему ефективнішою, підвищуючи продуктивність роботи рухомого складу, умови безпеки руху та екологічні параметри урбанізованих просторів.

1. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
2. Taylor N. Urban planning theory since 1945 / N. Taylor. – Gateshead : SAGE Publications, 1998. – 184 p.
3. Врубель Ю. А. Потери в дорожньому русі / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
4. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : [ученик для вузов] / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М. : Изд-ий центр «Академия», 2005. – 279 с.
5. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
6. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04-19]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с. – (Національний стандарт України).
7. Рушевский П.В. Организация и регулирование движения с применением автоматических средств управления : [учебное пособие] / П.В. Рушевский. – М. : «Высшая школа», 1974. – 238 с.
8. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів : ДБН В.2.3-5-2001. – [Чинний від 2001-10-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2001. – 50 с. – (Національний стандарт України).
9. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
10. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов / М. С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1985. – 239 с.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2014

УДК 656.078:658.51

С.О.Романюк

Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ПРОЕКТУ РЕГІОНАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ПАРКІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ПОЗИЦІЯХ ОРГАНІЗАЦІЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ-УЧАСНИКІВ ПРОЕКТУ

Представлено модель оцінювання бачення результату проекту регіонального партнерства в розвитку системи технічної підготовки парків АТЗ в позиціях організацій автомобільного транспорту-потенційних партнерів, який дозволяє оцінювати, використовуючи метод аналізу ієрархій, бачення окремою організацій автомобільного транспорту видів, витрат, можливостей та ризиків за збалансованою системою показників.

Ключові слова: регіональне партнерство, організації автомобільного транспорту, проект, збалансована система показників, метод аналітичних ієрархій.

Рис 1. Форм 4. Літ 5

МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА РЕГИОНАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА В РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПАРКОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПОЗИЦИЯХ ОРГАНИЗАЦИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА

Представлена модель оценивания виденья результата проекта регионального партнерства в развитии системы технической подготовки парков автотранспортных средств в позициях организаций автомобильного транспорту-потенциальных партнеров, который позволяет оценивать, используя метод анализа иерархий, виденья, отдельной организации автомобильного транспорта доходов, расходов, возможностей и рисков, по сбалансированной системе показателей.

MODEL EVALUATION RESULT OF THE REGIONAL PARTNERSHIP DEVELOPMENT OF SYSTEM TECHNICAL TRAINING OF CARS IN POSITION OF ORGANIZATIONS MOTOR TRANSPORT PROJECT PARTICIPANTS

A model for the evaluation of the outcome of the project the vision for regional partnerships in the development of technical training vehicle fleet in the positions of road transport organizations participants using the analytic hierarchy process unit . Value obtained in this model , allowing organizations to assess vision of road transport benefits , costs , opportunities , risks , particularly for groups of indicators balanced system - needs (requirements) of customers , internal business processes , financial results, development and training, can serve as criteria for acceptance into the organization of road transport management decisions regarding appropriateness of joining the partnership structures . This model can also be used by organizations of road transport in the process of project management.

Постановка проблеми. Проведений аналіз структури парків автотранспортних засобів (АТЗ) організацій автомобільного транспорту (ОАТ), використовуваних для перевезення пасажирів у м. Вінниця і Вінницькій області показав, що зазначені парки характеризуються переважанням дрібних перевізників (до 5 АТЗ – 54% ОАТ), великою кількістю марок, моделей і модифікацій АТЗ, які одночасно експлуатуються в одному парку; порівняно великим терміном експлуатації АТЗ (від 5 до 15 років 88% АТЗ). Це, в сукупності з такими факторами як невизначеність інтенсивності та умов, зокрема щодо експлуатації АТЗ, зумовлює складність забезпечення технічної підготовки АТЗ ОАТ на рівні, що вимагається умовами конкуренції і вимогами державного (муніципального) регулювання на відповідних ринках. У більшій половини перевізник виробничо-технічна база (ВТБ) для здійснення технічного обслуговування та ремонту відсутня взагалі або утримання останньої є економічно невигідним. ОАТ пропонується створити регіональне партнерство в розвитку системи технічної підготовки (СТП) парків АТЗ – спільного використання, централізації на ВТБ окремих ОАТ окремих робіт чи повного комплексу з технічної підготовки АТЗ. В такому випадку ОАТ, які будуть брати участь у даному партнерстві необхідно визначити чи буде воно економічно вигідним і чи слід розглядати такий варіант, як один з можливих по вирішенню питань з ТО та ПР парку АТЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Регіональне партнерство ОАТ в розвитку СТП парків АТЗ можна визначити як бізнесові відносини між ОАТ, які (відносини), характеризуючись спільною діяльністю в сфері технічної підготовки парків АТЗ, впровадженням інтеграційних принципів у міжорганізаційних відносинах, довго терміновістю, забезпечують економічно значуще покращення результату діяльності ОАТ-партнерів порівняно до того, який міг би бути досягнутий даними ОАТ окремо.

Очевидно, що створення і розвиток партнерства вимагає додаткових витрат на комунікації, узгодження дій, забезпечення процесів розподілу їх вигід та ризиків тощо. Партнерство є економічно виправданим тільки тоді, коли результати сумісної діяльності партнерів економічно суттєво перевищують результати їх окремої діяльності з урахуванням витрат, пов'язаних зі створенням і розвитком партнерства.

Тобто, об'єднуючись, за даних умов, потенційні партнери очікують на синергію. Дослідження синергії в організаціях показує, що корпорація може отримувати економію за рахунок масштабів виробництва при сумісному використанні внутрішніми підрозділами ресурсів високої вартості і/або критичних ресурсів [1, с. 26].

Разом з тим, крім створення синергії внутрішніх операційних і сервісних структурних підрозділів, організація має додаткові можливості досягнення відповідності цілям проекту за рахунок розроблення довгострокових планів і збалансованої системи показників (ЗСП), які визначають взаємозв'язки з зовнішніми партнерами, такими як клієнти, постачальники і партнери за альянсом [1, с. 35]. При цьому слід зазначити, що організації все частіше використовують альянси (об'єднання, консорціуми), щоб заповнити прогалини у власних можливостях реалізації стратегій і завоювати нові ринки і регіони. Водночас, взаємодія з партнерами за альянсом є складною задачею, що є причиною «неуспішності» багатьох альянсів організацій, як спостерігається на практиці.

ЗСП, в загальному випадку, розроблялась як така, що охоплює такі функціональні сфери ведення бізнесу організацією як відношення з клієнтами, внутрішні бізнес-процеси, фінансові результати, а також навчання і розвиток персоналу [2].

ЗСП також допомагає ефективно оцінити результати діяльності, що дасть можливість, у загальному вигляді, побачити теперішній стан організації та прийняти відповідні висновки про можливість участі в партнерстві, розробці стратегічних цілей, бачень та в майбутньому порівняти значення ключових показників діяльності (КПД) до вступу в партнерство і після входження до нього [3].

Для визначення фінансового результату проекту можна оцінити через показники фінансової ефективності останнього – чиста приведена вартість (NPV), внутрішня норма доходності (IRR), співвідношення «вигоди/витрати (В/С), термін окупності тощо або релевантний відносно проекту фінансовий результат роботи організації як бізнесу – зміни в прибутку, ринковій вартості бізнесу тощо [4]. Однак бачення результату проекту регіонального партнерства в розвитку системи технічної підготовки парків АТЗ охоплює не лише фінансову складову, а й інші КПД підприємства.

Мета статі. Визначити критерій оцінювання бачення результату проекту регіонального партнерства в розвитку системи технічної підготовки парків АТЗ в позиціях організацій автомобільного транспорту-потенційних партнерів.

Основні результати досліджень.

Проекту регіонального партнерства ОАТ в розвитку СТП парків АТЗ – це розвиток системи забезпечення ОАТ-партнерів послугами з технічної підготовки парків АТЗ на основі централізації виробництва і/або закупівель окремих видів даних послуг з метою досягнення цільових значень КПД СТП парків АТЗ ОАТ-партнерів як цілей партнерства в умовах ризику та невизначеності через реалізацію в межах встановлених часових і вартісних обмежень найбільш ефективного комплексу заходів організаційного, технічного та економічного характеру, який, в загальному випадку, потребує капіталовкладень.

В умовах оцінювання бачення ОАТ результату партнерства може бути використано співвідношення виду [5, с. 53]:

$$K = \frac{B \times O}{C \times R}, \quad (1)$$

де В – вигоди;
О – можливості;
С – витрати;
R – ризики.

Залежність (1), акумулюючи бачення окремої ОАТ вигід, можливостей, витрат і ризиків проекту регіонального партнерства в розвитку СТП парків АТЗ як засобу досягнення стратегічних цілей СТП парків АТЗ ОАТ, умови реалізації яких відображають КПД СТП парків АТЗ, може

слугувати за критерій прийняття управлінських рішень в ОАТ щодо доцільності входження до структур партнерства. Дана залежність (1) також може слугувати основою для внесення змін до позиції ОАТ, з подальшим представленням її в процесі переговорів, з метою досягти більших вигід і можливостей за результатом проекту і/або зменшення ризиків і витрат, які ОАТ вбачає в результаті проекту.

Для того, щоб скористатися залежністю (1) необхідно визначити критерії для побудови відповідних ієрархій (рис. 1). З цією метою можна використати метод експертних опитувань, який передбачає проходження чотирьох етапів. На першому етапі визначаються експерти, які будуть залучатися до опитування. До опитування можуть залучатися менеджери і спеціалісти служб технічної підготовки парків АТЗ, перевезень (як внутрішні клієнти), маркетингу (коли пропонується реалізувати послуги з технічної підготовки АТЗ за межі ОАТ), фінансів, управління персоналом тощо. Вони можуть залучатися як для ідентифікації критеріїв, в загальному випадку, за всіма вищезазначеними чотирма групами – клієнти, внутрішні бізнес-процеси, фінанси, а також розвиток і навчання персоналу, так і за окремими з них або обраними за іншим принципом. Наприклад, служба перевезень – для визначення критеріїв щодо потреб (вимог) клієнтів; служба технічної підготовки парків АТЗ – для визначення критеріїв щодо внутрішніх бізнес-процесів тощо.

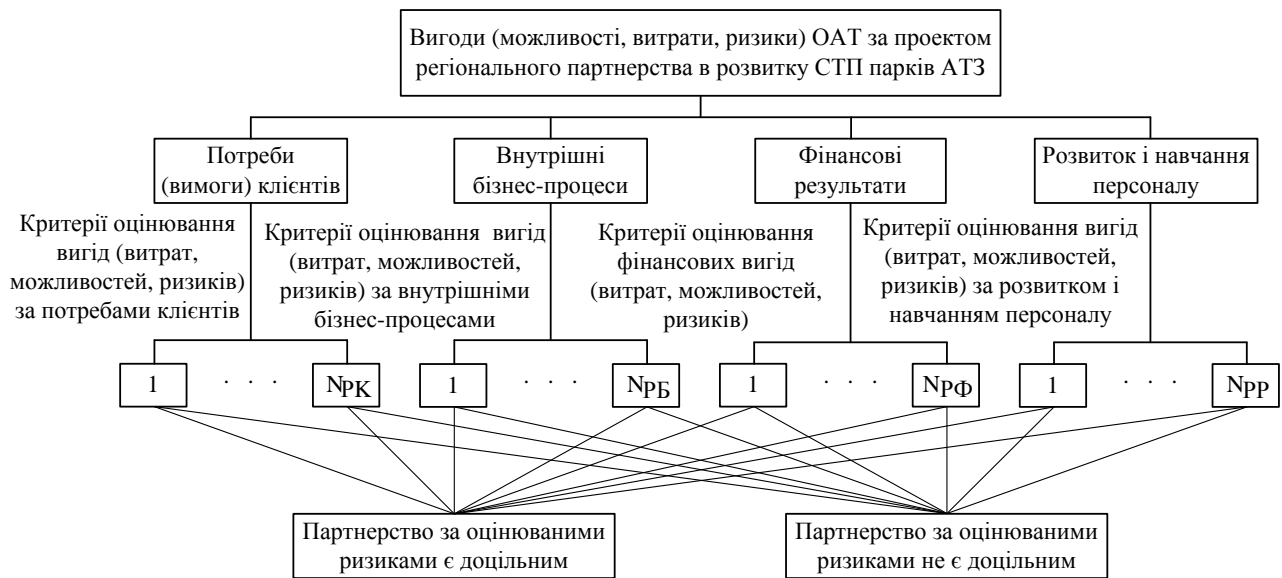


Рис. 1. Ієрархія вигід (витрат, можливостей, ризиків) для окремої ОАТ за баченням результату проекту регіонального партнерства ОАТ в розвитку СТП парків АТЗ

На другому етапі обирається метод проведення опитування і розроблюються анкети. В рамках даного етапу ідентифікується перелік показників, які потенційно можуть виступати за критерії.

Для цього експерти, отримавши анкети, мають відповісти на питання – які показники є важливими в кожній з груп, відокремлених в рамках вигід, витрат, можливостей, ризиків (рис. 1). При цьому виключають ті формулювання, які повторюють, або є залежними (один з показників за змістом охоплює інший). На цьому ж етапі кожному експерту пропонується отриманий перелік, за яким необхідно упорядкувати показники, які наведені у цьому переліку. Ранжування може здійснюватися з використанням методу попарних порівнянь.

Групі експертів, яка залучається до опитування в умовах визначення пріоритетів на певному рівні ієрархії, пропонується заповнити матриці попарних порівнянь, відповідних розглядуваному рівню ієрархії, виду:

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w/w_2 & \dots & I_n/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_1 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

де w_1, w_2, \dots, w_n – пріоритність (вагові коефіцієнти) об'єктів (категорій, критеріїв, постачальників);

n – кількість об'єктів (категорій, критеріїв, постачальників), що співставляються.

На ґрунті матриць кількісних оцінок обчислюються значення вагових коефіцієнтів як середня геометрична c_i для елементів матриці $A = (a_{ij})$ наступним чином:

$$c_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} = (a_{i1}, \dots, a_{in})^{\frac{1}{n}}, i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

а також визначаються нормалізовані вагові коефіцієнти:

$$w_i = \frac{c_i}{\sum_{j=1}^m c_j}, i = 1, \dots, n, \quad (4)$$

Останні утворюють для кожної матриці порівнянь $A = (a_{ij})$ вектор вагових коефіцієнтів $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$.

На третьому етапі проводиться статистичне оброблення результатів опитування, на основі якого визначаються (виявляються) критерії за кожною групою, відокремленою в рамках вигід, витрат, можливостей, ризиків (рис. 1), як найбільш значущі показники з переліку тих, які були отримані на другому етапі.

Розподіливши критерії за відповідними ієрархіями, вершиною яких є «ціль» – вигоди, витрати, ризики, можливості, за якою слідує рівень груп критеріїв, які власне впливають на досягнення цілі – в даній моделі вони можуть бути визначені групами ЗСП. В межах кожної з останніх з зазначених груп наводяться відповідні критерії. На найнижчому рівні ієрархії в розглядуваній моделі дві альтернативи – партнерство вбачається за доцільне або за недоцільне.

Критерії (фактори) вигід і витрат можуть бути ідентифіковані з використанням концепції аналізу вигід і витрат за проектом. Зокрема в структурі вигід можуть бути відокремлені за критерії наступні показники:

- додаткові для ОАТ доходи від надання послуг з технічної підготовки парків АТЗ (ОАТ-партнерам, клієнтам ззовні тощо);
- економія на поточних витратах (за окремими видами послуг з технічної підготовки парків АТЗ і/або загалом, за типами, тобто на одне обслуговування, і/або сумарними витратами тощо).

В структурі витрат за критерії (фактори) можуть відокремлюватися такі показники як:

- доходи від надання послуг з технічної підготовки парків АТЗ назовні, які втрачає ОАТ, через входження до структур партнерства;
- додаткові капіталовкладення;
- додаткові поточні витрати.

За критерії (фактори) оцінювання можливостей, які відкриваються перед ОАТ в умовах входження до структур партнерства, можна вказати наступні – як щодо послуг з технічної підготовки парків АТЗ в цілому, так і їх окремих видів:

- вихід на ринки відповідних послуг;
- отримати високу прогнозованість попиту на послуги, пропоновані назовні;
- зниження поточних витрат надання послуг;
- підвищення рівня якості послуг, що надаються;
- зменшення терміну виконання замовлень;
- збереження (набуття) контролю щодо виконання відповідних послуг;

- завантаження надлишкових виробничих потужностей;
- реалізація прибуткового проекту;
- вивільнення грошових коштів і направлення їх на профільну діяльність;
- інноваційний розвиток ВТБ.

За критерії (фактори) оцінювання ризиків (загроз), які виникають для ОАТ в умовах входження до структур партнерства можна вказати наступні – як щодо послуг з технічної підготовки парків АТЗ в цілому, так і їх окремих видів:

- втрата ліцензії на перевезення;
- втрата контролю щодо виконання відповідних послуг;
- підвищення поточних витрат;
- неприйнятний рівень якості;
- збільшення терміну виконання замовлень;
- надлишок виробничих потужностей;
- недостатня кількість клієнтів ззовні;
- необхідність суттєвих капіталовкладень (за рахунок зовнішніх і/або внутрішніх ресурсів);
- реалізація збиткових послуг.

На підґрунті вибудованих ієрархій (рис. 1) синтезуються результуючі значення для альтернатив «партнерство є доцільним» і «партнерство не є доцільним». Для об'єднання результатів чотирьох ієрархій вираховується співвідношення (1) за кожною альтернативою. Кращою буде та альтернатива, яка забезпечить більше значення залежності (1).

Висновки. Запропоновано модель для оцінювання бачення результату проекту регіонального партнерства в розвитку СТП парків АТЗ в позиціях ОАТ-учасників, яка використовує апарат методу аналізу ієрархій. Співвідношення, отримане в рамках даної моделі, дозволяючи оцінювати бачення ОАТ вигід, витрат, можливостей, ризиків, зокрема за групами показників ЗСП – потреби (вимоги) клієнтів, внутрішні бізнес-процеси, фінансові результати, розвиток і навчання персоналу, може слугувати за критерій прийняття в ОАТ управлінських рішень відносно доцільності входження до структур партнерства. Дана модель також може бути використана ОАТ в процесах проектного управління.

1. Каплан Р. Стратегическое единство / Р. Каплан, Д. Нортон. – М. ООО «Вильямс», 2006. – 384 с.
2. Нивен П. Р. Диагностика збалансированной системы показателей. [Пер. с англ.] / Нивен Пол Р. – Днепропетровск: Багаж Бизнес Букс, 2006. – 256 с.].
3. Нивен П. Р. Сбалансированная система показателей : Шаг за шагом: максимальное повышение эффективности и закрепление полученных результатов. [Пер. с англ.] / Нивен Пол Р. – Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2004. – 328 с.
4. Ципес Г. Л. Проекты и управление проектами в современной компании. Учеб.пособие / Г. Л. Ципес, А. С. Товб. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. – 480 с.
5. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях / Т. Л. Саати. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014

УДК 621.891

П.П.Савчук, С.В.Мисковець
Луцький національний технічний університет
ФУНКЦІОНАЛЬНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕТАЛЕЙ
ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗІ СТАЛІ 45

Показано вплив непостійності хімічного складу сталі 45 у межах ДСТУ на фізико-механічні властивості. Представлено результати досліджень коефіцієнта лінійного термічного розширення та модуля пружності E сталі залежно від хімічного складу матеріалу.

Ключові слова: зносостійкість, зношування, модуль пружності, коефіцієнт термічного лінійного розширення, тертя.

Рис 2. Форм 2. Літ 5.

П.П.Савчук, С.В.Мисковець
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ
ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СТАЛИ 45

Показано влияние непостоянства химического состава стали 45 в пределах ГОСТа на физико-механические свойства. Представлены результаты исследований коэффициента линейного термического расширения и модуля упругости E стали в зависимости от химического состава материала

Ключевые слова: износостойкость, износ, модуль упругости, коэффициент термического линейного расширения.

P.Savchuk, S.Myskovets
PERFORMANCE AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS TRIBOLOGICAL PARTS
OF STEEL 45

The impact of instability of the chemical composition of steel 45 within SSTU on physical and mechanical properties has been shown. The results of research of the coefficient of linear thermal expansion and elastic modulus E of steel, depending on the chemical composition of material, has been presented.

Thus, it can be argued, that the chemical composition of material, namely, it's variability within SSTU, affects the physical and mechanical properties of material, and hence affects the physics of processes of friction. It follows, that the wear resistance of material depends directly on it's chemical composition.

Analysis of the elemental composition of the surface layer, by friction of pair steel 45 - steel ShH15, showed, that the content of the alloying element Cr in the surface layer, compared to the matrix state, changes significantly.

According to the data obtained it follows that by friction of pair steel 45 - steel ShH15, due to diffusion processes occurs the redistribution of the alloying element Cr in the surface layers of metals of pair of friction that affect on their wear resistance.

In friction of steel 45 due to diffusion processes occurs the redistribution of Cr. Herewith the increasing of chromium content leads to decreasing of wear resistance and decreasing leads to it's increasing.

To objectively identify the reasons, that cause the destruction of parts, need reliable information about the effects of wear on the structural changes in the surface layer of parts and the mechanism of it's occurrence, and development of measures to prevent of wear.

Keywords: wear, abrasion, modulus of elasticity, coefficient of thermal linear expansion.

Постановка проблеми. При нормальній експлуатації машин вузли тертя працюють виключно в стаціонарній області, хоча, як показує практика, вірогідність порушення нормальних умов тертя досить велика. Стаціонарна область завжди пов'язана з певним видом трансформації і руйнування (зносу) поверхонь тертя. Цей вид трансформації і визначається динамічною рівновагою процесів руйнування і відновлення вторинних структур. При звичайних умовах експлуатації машин – це механо-хімічний процес окислювального зносу. Неприпустимі процеси зношування при терті настають при порушенні умов динамічної рівноваги.

Нормальний процес тертя характеризується певним діапазоном навантажень і швидкостей ковзання при яких величина зносу і коефіцієнта тертя мають мінімальні значення. Поза цим діапазоном процес тертя характеризується схоплюванням, мікрорізанням, зминанням і т.д. Цей вид тертя називається катастрофічним і є недопустимим при експлуатації машин і механізмів [1]. Нормальний процес тертя найпоширеніший у практиці експлуатації машин і є оптимальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження показують [1], що зношування суттєво залежить від основних фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалів у вихідному стані, а також методів обробки та умов фрикційного контакту.

Про вплив твердості поверхонь тертя на розвиток процесів зношування на даний час немає однозначної думки. Деякі дослідники вважають, що зносостійкість поверхонь зі збільшенням твердості підвищується [2]. Також відомий факт, що зносостійкість матеріалів при контакті із сталевим і чавунним контртілами неоднакова.

Вплив модуля пружності на процеси тертя і зношування вивчалися в роботі [3]. Згідно досліджень М.М. Хрущова наявність низького модуля пружності призводить до зниження напружень при пружній деформації і коефіцієнта термічного лінійного розширення (КТЛР) контактних тіл.

Питання про зв'язок зношування з механічними властивостями, знаходить віддзеркалення у ряді досліджень. Наприклад, Lancaster J.K. у ретельно проведених експериментах на зношування графітових матеріалів встановив залежність між зносостійкістю і модулем пружності. Він показав, що при терті графітових щіток по мідному колектору величина зносу із збільшенням модуля пружності падає. Очевидно, що це відбувається при сталій величині межі пропорційності, інакше матиме місце інверсія цієї залежності, що і отримав Lancaster J.K. в одному зі своїх експериментів.

Постановка задачі. Встановити залежність функціональних та експлуатаційних властивостей сталі 45 від хімічного складу матеріалу, а саме його непостійності в межах ДСТУ.

Матеріали і результати досліджень. На рисунку 1 представлено відмінності у значеннях модуля пружності E сталі 45 в стані постачання 5 партій за результатами досліджень. З аналізу експериментальних даних (рисунк 1) слід відмітити, що модуль пружності зі зміною хімічного складу матеріалу змінюється в межах від 198,75 до 210,5 ГПа. При цьому спостерігається і зміна тенденції зносостійкості матеріалу.

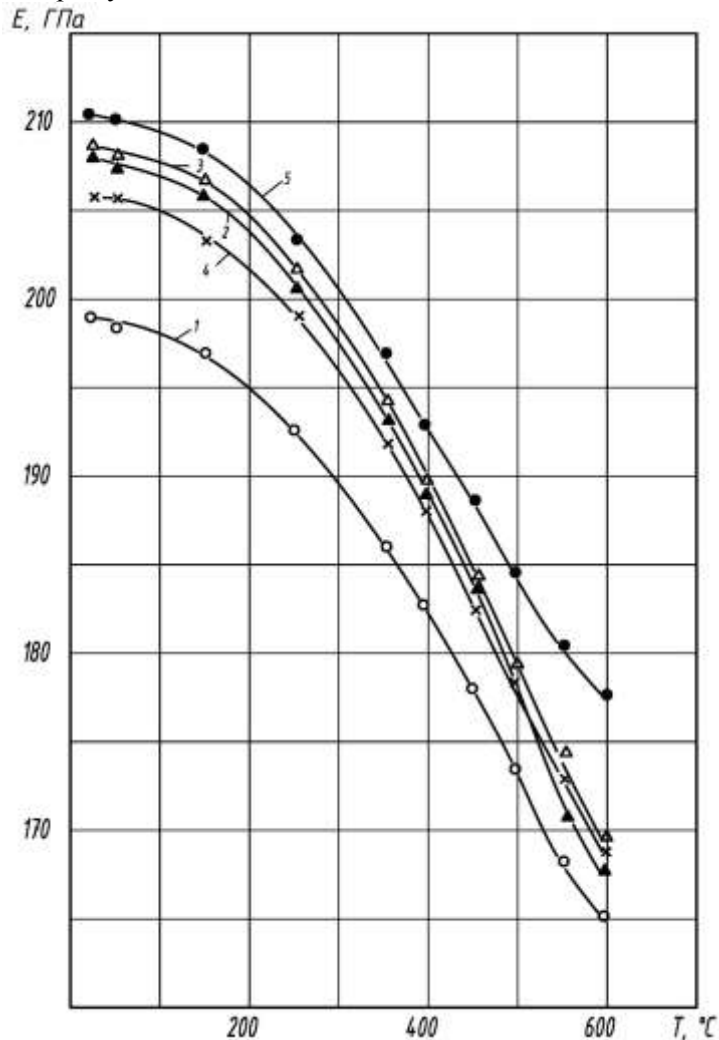


Рис. 1. Залежність модуля пружності E від температури для сталі 45 в стані постачання п'яти різних партій (1-5)

Вплив КТЛР на процеси тертя розглядається в роботі [4]. Основна увага при цьому акцентується на питаннях впливу структури при терті.

За даними С.В. Кадомського [5], зміна лінійних розмірів матеріалів під впливом температури чинить суттєвий вплив на зносостійкість мідних сплавів. Це дослідник пояснює тим, що матеріали з більшою величиною КТЛР піддаються підвищеній передеформації в зоні температурних спалахів, забезпечуючи деконцентрацію напружень в зоні контакту і збільшення зносостійкості.

На рисунку 2 представлено результати досліджень КТЛР сталі 45, з яких виходить, що α , так само як і модуль пружності, залежить від хімічного складу матеріалу.

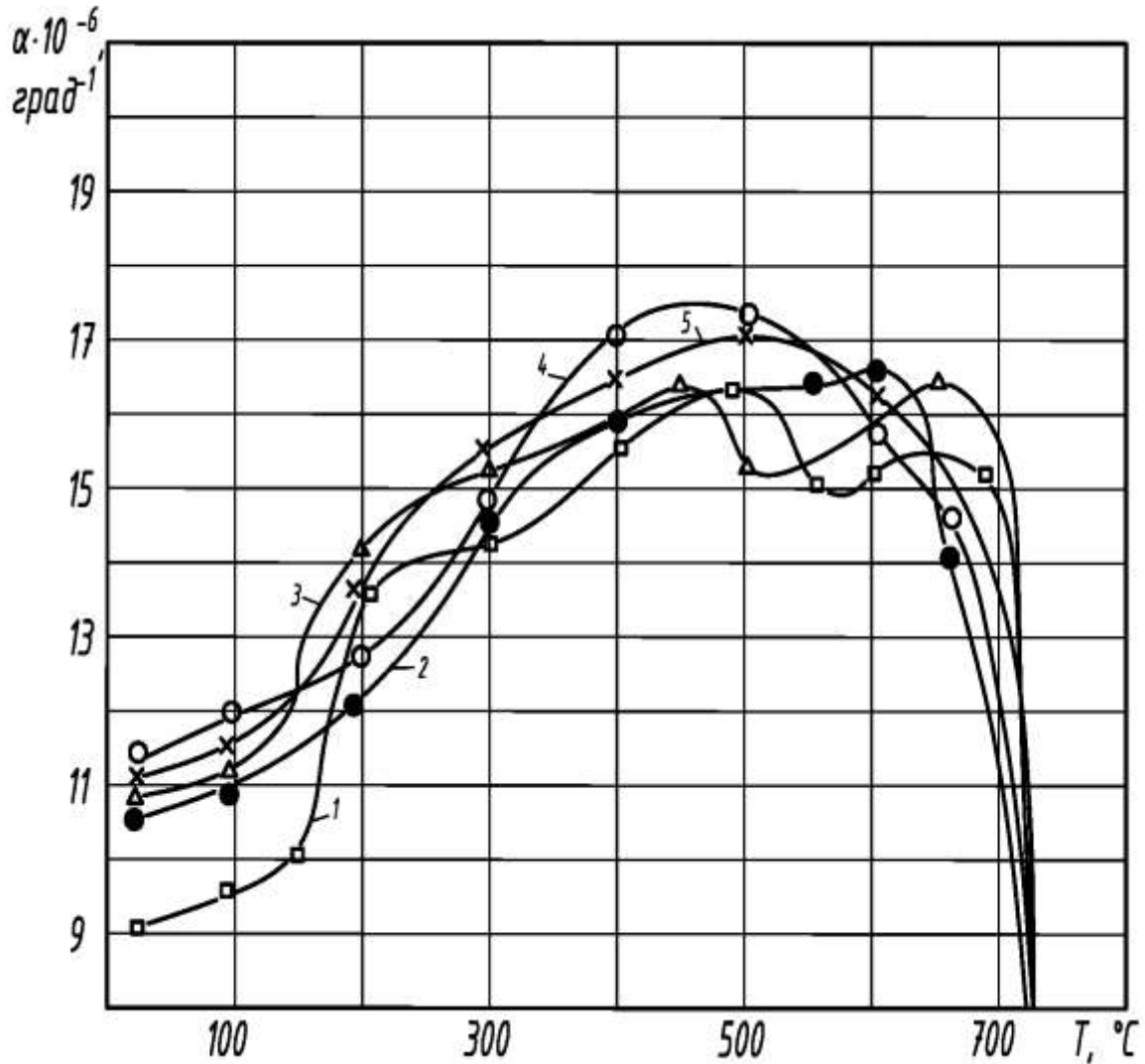


Рис. 2 Результати дослідження коефіцієнта лінійного термічного розширення для сталі 45 в стані постачання п'яти різних партій

Отже, можна стверджувати, що хімічний склад матеріалу, а саме, його нестабільність в межах ДСТУ, впливає на фізико-механічні властивості, а значить і на фізику процесів тертя. Звідси випливає, що зносостійкість матеріалу безпосередньо залежить від його хімічного складу.

Достовірність отриманих залежностей твердості (HRB), КТЛР (α), модуля пружності (E) і зношування (I) від непостійності хімічного складу сталі 45 лежить в межах від 68 до 90 %. Ці залежності мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}HRB &= 24,426 + 149,8C + 16,192Si - 11,931Cr \\E &= 0,20939 \cdot 10^7 + 0,1057 \cdot 10^7 Si - 0,10683 \cdot 10^7 Cr - 0,47647 \cdot 10^6 C \\ \alpha &= 0,1037 \cdot 10^{-4} - 0,29964 \cdot 10^{-4} Cr + 0,11326 \cdot 10^{-4} Si + 0,83661 \cdot 10^{-5} C \\ I &= -34,082 - 192,84Cr + 139,74C + 59,751Si\end{aligned} \quad (1)$$

Залежність зношування від модуля пружності і КТЛР має такий вигляд:

$$I = 30,27 + 0,79572 \cdot 10^7 \alpha - 0,57347 \cdot 10^4 E \quad (2)$$

Достовірність цієї залежності складає 72 %.

Усе це ще раз підтверджує, що непостійність хімічного складу сталі 45 різних партій постачань чинить домінуючий вплив на її зносостійкість, а отже, і працездатність вузлів тертя.

Дослідження зносостійкості зразків із сталі 45, в стані постачання 5 різних партій показує, що залежно від зміни хімічного складу змінюється і їх зносостійкість майже в 3 рази.

Аналіз елементарного складу поверхневого шару, проведений на приладі "Camscan" при терті сталі 45 в парі із сталлю ШХ15, показав, що вміст легуючого елемента Сг в поверхневому шарі, порівняно з матричним станом, суттєво змінюється.

Слід відмітити, що при терті сталі 45 в парі із сталлю ШХ15 внаслідок дифузійних процесів відбувається перерозподіл легуючого елемента Сг в поверхневих шарах металів пари тертя, що позначається на їх зносостійкості.

Висновки. Таким чином, при терті сталі 45 внаслідок дифузійних процесів відбувається перерозподіл Сг. При цьому збільшення вмісту хрому призводить до зменшення зносостійкості, а зменшення – до зростання даної функціональної характеристики.

Для об'єктивного визначення причин, які викликають руйнування деталей, потрібні достовірні відомості про вплив зношування на структурні перетворення в поверхневому шарі деталей та механізм його протікання, а також розробка заходів по попередженню зносу, що буде виконано в подальших дослідженнях.

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. 2-е изд. переработ. и доп. / А.В.Чичинадзе, Э.Д.Браун, Н.А.Буше и др.; Под общ. ред. А.В.Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с., ил.
2. Прейс Г.А. Исследование влияния метода закалки на износостойкость стали 45 // Труды 1-й научно-технической конференции по трению и износу деталей машин. – М., 1956. – с. 348-355.
3. Хрущов М.М. Современные теории антифрикционных подшипниковых сплавов // Трение и износ в машинах. – М.: АН СССР. – 1950. - №6. – с. 52-72.
4. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
5. Кадомский С.В. Оценка и выбор износостойких медных сплавов для топливрегулирующей аппаратуры с учетом конструкции узлов трения. – Дисс. канд. техн. наук. – Киев, 1984. –202 с.
1. Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka): Uchebnik dlya tehnicheskikh vuzov. 2-e izd. pererabot. i dop. / A.V.Chichinadze, E.D.Braun, N.A.Bushe i dr.; Pod obsch. red. A.V.Chichinadze. – М.: Mashinostroenie, 2001. – 664 s., il.
2. Preys G.A. Issledovanie vliyaniya metoda zakalki na iznosostoykost stali 45 // Trudy 1-y nauchno-tehnicheskoy konferentsii po treniyu i iznosu detaley mashin. – М., 1956. – s. 348-355.
3. Hruschov M.M. Sovremennyye teorii antifriktsionnykh podshipnikovyykh splavov // Trenie i iznos v mashinah. – М.: AN SSSR. – 1950. - #6. – s. 52-72.
4. Kragelskiy I. V. Trenie i iznos / I. V. Kragelskiy. – М.: Mashinostroenie, 1968. – 480 s.
5. Kadomskiy S.V. Otsenka i vyibor iznosostoykikh mednykh splavov dlya toplivoreguliruyushey apparatury s uchetom konstruktсии uzlov treniya. – Diss. kand. tehn. nauk. – Kiev, 1984. –202 s.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014

В.П.Самчук

**Луцький національний технічний університет
МОДЕЛЮВАННЯ ДІЛЯНОК ПОВЕРХОНЬ АВТОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА
НА ОСНОВІ ЗАДАНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ВИМОГ**

Запропоновано спосіб формування дискретних моделей регулярних сіток, які представляють ділянки автодорожного полотна, на основі суперпозиції поверхонь та з врахуванням попередньо заданих геометричних вимог. Розроблені алгоритми дозволяють спростити операції управління формою моделі при розв'язанні задач формоутворення та візуалізації поверхонь автодорожного полотна за допомогою ЕОМ.

Ключові слова: автомобільні дороги, проектування, дискретний каркас, дискретне геометричне моделювання.
Рис 8. Літ 4.

В.П.Самчук

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ АВТОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА
НА ОСНОВАНИИ ЗАДАНИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ**

Предложен способ формирования дискретных моделей регулярных сетей, представляющих участки автодорожного полотна, на основе суперпозиции поверхностей и с учетом предварительно заданных геометрических требований. Разработанные алгоритмы позволяют упростить операции управления формой модели при решении задач формообразования и визуализации поверхностей автодорожного полотна с помощью ЭВМ.

Ключевые слова: автомобильные дороги, проектирование, дискретный каркас, дискретное геометрическое моделирование.

V.Samchuk

**MODELING OF SURFACES OF ROADBED,
BASED ON SPECIFIED GEOMETRIC REQUIREMENTS**

The basis for shaping the future road is its track . It is designed based on physical laws of motion of vehicles. The outline of this route largely determine the technical and operational quality of transport and the future road.

The digital terrain model is three-dimensional in nature and surfaces generated by it is possible to trace the spatial ways. In this context requires the development of methodology and algorithms for spatial trace. This will fill up within CAD arsenal of advanced technology road design.

We consider the question of forming a regular discrete structure that represents the area of the road surface. We obtain two-dimensional computational patterns to determine the applicant knots surface predetermined geometric requirements on a rectangular grid with uniform step. Thanks a broader statement of the problem of modeling obtained finite-difference operators develop models of complex surfaces, which significantly extends the formative possibilities when designing roadbed.

Keywords: roadbed, designing, discrete carcass, discrete geometric modeling.

Постановка проблеми. Високі вимоги, які висуває сучасний автомобільний транспорт до якості автомобільних доріг, можуть бути реалізовані лише при системному підході, як до самого процесу проектування, так і до наступних етапів його реалізації – будівництва та експлуатації.

В сучасних умовах проектування автомобільних доріг виконується з широким застосуванням автоматизованих комплексів, починаючи від отримання та обробки геодезичної інформації та закінчуючи підготовкою креслень робочої документації.

Автоматизація проектування займає особливе місце серед інформаційних технологій, що застосовуються при виконанні проектних робіт, починаючи від обчислювальних та телекомунікаційних технологій і закінчуючи сучасними методами обчислювальної математики та засобів моделювання тривимірної віртуальної реальності.

Специфіка проектування доріг полягає в тому, що це – лінійно-протяжні об'єкти. Обриси дороги, з одного боку, суттєво залежать від рельєфу, ґрунтового-геологічних і гідрологічних умов місцевості. З іншого боку, геометричні характеристики проектованої дороги тісно пов'язані із запланованою інтенсивністю й складом транспортного руху.

Основою формоутворення майбутньої дороги є її траса, яка проектується з врахуванням фізичних законів руху транспортних засобів. І обриси цієї траси багато в чому визначають технічні й транспортно-експлуатаційні якості майбутньої дороги.

Перехід на системну автоматизацію дорожнього проектування на основі цифрових моделей місцевості (ЦММ) привів до істотної зміни всієї технології проектно-дослідницьких робіт [1].

У період "ручного" проектування автомобільних доріг геодезичні вишукування виконувалися "пiкетним" методом. Зовсім iншi перспективи вiдкриває "безпiкетний" метод вишукувань дорiг, прiоритетне застосування якого стало можливим завдяки досягненням електронної тахеометрії й обчислювальної техніки.

При "безпiкетному" методі вишукувань місце розташування траси визначається не на стадії вишукувань, а на стадії проектування. Це дає можливість варіювати місцем розташування траси практично на будь-якому етапі проектування, застосовуючи для встановлення місця розташування траси і її опису сучасні математичні методи.

Враховуючи тривимірну природу ЦММ і породжуваних нею поверхонь, з'являється можливість просторового трасування доріг. У зв'язку з цим потребує розвитку методологія й алгоритми просторового трасування для того, щоб в рамках САПР поповнити арсенал передових технологій дорожнього проектування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поверхні є базовими об'єктами будь-якої системи проектування, яка оперує геоінформаційними даними. При цьому переважна більшість алгоритмів побудови поверхонь рельєфу та ділянок дорожнього полотна базується на нерегулярних сітках з трикутними комірками [2]. Використання сіток регулярної структури хоча і має певні недоліки, пов'язані зі ступенем адекватності представлення поверхні, проте дозволяє значно зменшити кількість даних, необхідних для візуалізації моделі. В опублікованих роботах, присвячених дослідженню регулярних сіткових структур, які використовуються в автодорожньому проектуванні, не розглядалися задачі побудови поверхонь з рівномірним кроком вузлів на основі суперпозиції геометричних форм.

Формування цілей роботи. Проаналізувати структури, які використовуються для моделювання поверхонь в автодорожньому будівництві та розглянути у більш широкій постановці задачу моделювання і формоутворення регулярної дискретної сітки, яка представляє ділянку поверхні автодорожнього полотна, на основі суперпозиції поверхонь та з врахуванням наперед заданих геометричних вимог.

Основна частина. В останні роки, у зв'язку з бурхливим розвитком геоінформаційних систем (ГІС), розглядається питання можливості їх застосування поряд із САПР, в автоматизованому проектуванні автомобільних доріг. При значній зовнішній подібності ГІС і САПР мають принципові відмінності. Вони відрізняються за моделями даних, їх атрибутами та методами візуалізації.

У зв'язку з тим, що ГІС та САПР мають свої сильні й слабкі сторони, усе більшого поширення отримують інтегровані графічні системи, що володіють можливостями як ГІС, так і САПР. У дорожній галузі такі комбіновані можливості необхідні, наприклад, для представлення комплексних проектів автомобільних доріг на плані місцевості, коли в дрібному масштабі користувач на екрані комп'ютера бачить загальну схему мережі доріг, а при поступовому збільшенні з'являється детальний вигляд з візуалізацією усіх поверхонь автомобільної дороги.

Для моделювання поверхонь використовуються різні види структур: по горизонталях, по структурних лініях, по поперечниках до траси або магістрального ходу, статистичні тощо [3]. На практиці найчастіше використовують два основні види структур (сіток): регулярна (з рівномірним кроком вузлів, рис. 1, а) і нерегулярна (триангуляційна, рис. 1, б).

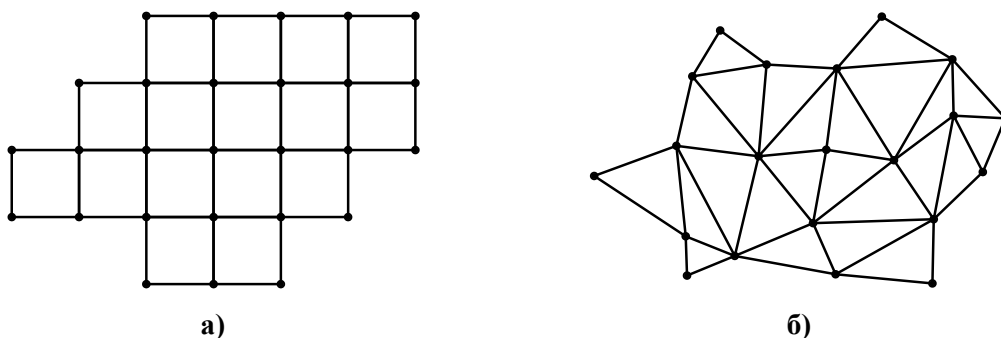


Рис. 1. Структури (сітки) ЦММ: а) регулярна; б) нерегулярна

Масив точок для регулярних моделей може бути представлений у наступному виді:

$$F, m, n, X_0, Y_0, Z_{11}, \dots, Z_{1m}, \dots, Z_{nm}$$

де F – крок сітки; m – число точок по горизонталі; n – число точок по вертикалі;
 X_0, Y_0 – координати початкової точки сітки,
 $Z_{11}, \dots, Z_{1m}, \dots, Z_{nm}$ – відмітки точок у вузлах сітки.

Таким чином, для однозначного представлення регулярної сітки розмірністю $m \times n$ потрібно зберігати всього $m \times n + 5$ чисел. Однак для адекватного представлення поверхні із заданою точністю потрібна висока щільність точок. До того ж, у зв'язку з обмеженістю масивів оброблюваних даних дуже часто доводиться вибирати між точністю представлення (розміром комірки) і розміром оброблюваної поверхні.

Для нерегулярних моделей масив точок описується послідовністю:

$$\sum Xi, Yi, Zi, Ki, Li, Ti, \dots,$$

де Xi, Yi, Zi – координати i -тої точки ($i = 1, \dots, k$);
 Ki, Li, Ti – відповідно належність i -тої точки Ki трикутнику, зв'язок i -тої точки з Li і Ti точками в трикутнику.

Розмірність нерегулярної сітки становить $6k$, що майже у 6 разів вище розмірності регулярної сітки, але, поряд з цим, для адекватного відображення поверхні необхідна значно менша кількість точок.

Задача побудови поверхні за заданими геометричними вимогами є однією з базових в обчислювальній геометрії. До неї зводяться багато інші, пов'язані з моделюванням поверхонь і розв'язанням просторових задач у САПР та ГІС.

Моделі регулярних поверхонь можна формувати статико-геометричним методом [4]. Основним джерелом параметрів, за допомогою яких враховуються геометричні вимоги до дискретних моделей, виступає зовнішнє формоутворююче навантаження $P_{i,j}$. Аплікати вузлів сітки обчислюються з системи лінійних рівнянь виду:

$$z_{i-1,j} + z_{i,j-1} - 4\alpha z_{i,j} + z_{i,j+1} + z_{i+1,j} + kP_{i,j} = 0,$$

де $z_{i,j}$ – шукані аплікати вузлів регулярної сітки ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$);
 α – коефіцієнт пропорційності між аплікатою у вузлі m, n та прикладеним формуючим навантаженням $P_{i,j}$, ($k=1$).

В практиці досить часто виникають задачі формоутворення, в яких остаточна модель поверхні повинна задовольняти властивостям двох чи більше початкових моделей, які виступають в якості формуючих.

Для такого випадку потрібно дослідити процес формування моделі поверхні яка задовольняє вимогам її складових форм та описується одним скінченно-різницевою рівнянням. Такий підхід дозволяє спростити операції управління моделлю при розв'язанні задач формоутворення поверхонь ділянок автодорожнього полотна за допомогою ЕОМ.

Розглянемо поверхню, модель якої задовольняє параметрам двох її складових та надамо графічну інтерпретацію процесу її формування статико-геометричним методом.

Нехай перша та друга складові поверхні ділянки автодорожнього полотна формуються з коефіцієнтами пропорційності α_1 та α_2 відповідно, і описуються системами скінченно-різницевих рівнянь виду:

$$z_{1,m-1,n} + z_{1,m,n-1} - 4\alpha_1 z_{1,m,n} + z_{1,m,n+1} + z_{1,m+1,n} = P_{1,m,n}, \quad (1)$$

$$z_{2,m-1,n} + z_{2,m,n-1} - 4\alpha_2 z_{2,m,n} + z_{2,m,n+1} + z_{2,m+1,n} = P_{2,m,n}. \quad (2)$$

Результатом суперпозиції рівнянь (1) та (2) буде скінченно-різницеве рівняння 4-го порядку виду:

$$\begin{aligned} & z_{m-2,n} + 2z_{m-1,n-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m-1,n} + 2z_{m-1,n+1} + z_{m,n-2} - \\ & - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m,n-1} + 4(1 + 4\alpha_1\alpha_2)z_{m,n} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m,n+1} + \\ & + z_{m,n+2} + 2z_{m+1,n-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m+1,n} + 2z_{m+1,n+1} + z_{m+2,n} = \\ & = C_1(P_{1,m-1,n} + P_{1,m,n-1} - 4\alpha_2 P_{1,m,n} + P_{1,m,n+1} + P_{1,m+1,n}) + \\ & + C_2(P_{2,m-1,n} + P_{2,m,n-1} - 4\alpha_1 P_{2,m,n} + P_{2,m,n+1} + P_{2,m+1,n}) \end{aligned}$$

Граничні умови в кутових точках.

Ліва нижня точка:

$$\begin{aligned} & z_{0,2} + 2(1 + 8\alpha_1\alpha_2)z_{1,1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{1,2} + z_{1,3} + \\ & + z_{2,0} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{2,1} + 2z_{2,2} + z_{3,1} = \\ & = +C_1(P1_{1,2} - 4\alpha_2P1_{1,1} + P1_{2,1}) + C_2(P2_{1,2} - 4\alpha_1P2_{1,1} + P2_{2,1}) + \\ & + 4C_1\alpha_2(z1_{0,1} + z1_{1,0}) + 4C_2\alpha_1(z2_{0,1} + z2_{1,0}). \end{aligned}$$

Ліва верхня точка:

$$\begin{aligned} & z_{0,l-2} + 2(1 + 8\alpha_1\alpha_2)z_{1,l-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{1,l-2} + z_{3,l-1} + \\ & + z_{2,0} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{2,l-1} + 2z_{2,l-2} + z_{2,l} = \\ & = C_1(P1_{1,l-1} - 4\alpha_2P1_{1,l-1} + P1_{2,l-1}) + C_2(P2_{1,l-2} - 4\alpha_1P2_{1,l-1} + P2_{2,l-1}) + \\ & + 4C_1\alpha_2(z1_{0,l-1} + z1_{1,l}) + 4C_2\alpha_1(z2_{0,l-1} + z2_{1,l}). \end{aligned}$$

Права нижня точка:

$$\begin{aligned} & z_{k-2,0} + 2(1 + 8\alpha_1\alpha_2)z_{k-1,1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-2,1} + z_{k-3,1} + \\ & + z_{k,2} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-1,2} + 2z_{k-2,2} + z_{k-1,3} = \\ & = C_1(P1_{k-1,2} - 4\alpha_2P1_{k-1,1} + P1_{k-2,1}) + C_2(P2_{k-1,2} - 4\alpha_1P2_{k-1,1} + P2_{k-2,1}) + \\ & + 4C_1\alpha_2(z1_{k,1} + z1_{k-1,0}) + 4C_2\alpha_1(z2_{k,1} + z2_{k-1,0}). \end{aligned}$$

Права верхня точка:

$$\begin{aligned} & z_{k-2,l} + 2(1 + 8\alpha_1\alpha_2)z_{k-1,l-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-2,l-1} + z_{k-3,l-1} + \\ & + z_{k,l-2} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-1,l-2} + 2z_{k-2,l-2} + z_{k-1,l-3} = \\ & = C_1(P1_{k-1,l-2} - 4\alpha_2P1_{k-1,l-1} + P1_{k-2,l-1}) + C_2(P2_{k-1,l-2} - 4\alpha_1P2_{k-1,l-1} + P2_{k-2,l-1}) + \\ & + 4C_1\alpha_2(z1_{k,l-1} + z1_{k-1,l}) + 4C_2\alpha_1(z2_{k,l-1} + z2_{k-1,l}). \end{aligned}$$

Граничні умови на відрізках опорного контура.

Ліва вертикаль, $n \in [2; l-2]$:

$$\begin{aligned} & z_{0,n-1} + z_{0,n+1} + z_{1,n-2} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{1,n-1} + (3 + 16\alpha_1\alpha_2)z_{1,n} - \\ & - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{1,n+1} + z_{1,n+2} + 2z_{2,n-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{2,n} + 2z_{2,n+1} + z_{3,n} = \\ & = 4C_1\alpha_2z1_{0,n} + 4C_2\alpha_1z2_{0,n} + C_1(P1_{1,n-1} - 4\alpha_1P1_{1,n} + P1_{1,n+1} + P1_{2,n}) + \\ & + C_2(P2_{1,n-1} - 4\alpha_2P2_{1,n} + P2_{1,n+1} + P2_{2,n}). \end{aligned}$$

Права вертикаль, $n \in [2; l-2]$:

$$\begin{aligned} & z_{k,n-1} + z_{k,n+1} + z_{k-1,n-2} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-1,n-1} + (3 + 16\alpha_1\alpha_2)z_{k-1,n} - \\ & - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-1,n+1} + z_{k-1,n+2} + 2z_{k-2,n-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{k-2,n} + 2z_{k-2,n+1} + z_{k-3,n} = \\ & = 4C_1\alpha_2z1_{k,n} + 4C_2\alpha_1z2_{k,n} + C_1(P1_{k-1,n-1} - 4\alpha_1P1_{k-1,n} + P1_{k-1,n+1} + P1_{k-2,n}) + \\ & + C_2(P2_{k-1,n-1} - 4\alpha_2P2_{k-1,n} + P2_{k-1,n+1} + P2_{k-2,n}). \end{aligned}$$

Нижня горизонталь, $m \in [2; k-2]$:

$$\begin{aligned} & z_{m-1,0} + z_{m+1,0} + z_{m-2,1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m-1,1} + (3 + 16\alpha_1\alpha_2)z_{m,1} - \\ & - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m+1,1} + z_{m+2,1} + 2z_{m-1,2} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m,2} + 2z_{m+1,2} + z_{m,3} = \\ & = 4C_1\alpha_2z1_{m,0} + 4C_2\alpha_1z2_{m,0} + C_1(P1_{m-1,1} - 4\alpha_1P1_{m,1} + P1_{m+1,1} + P1_{m,2}) + \\ & + C_2(P2_{m-1,1} - 4\alpha_2P2_{m,1} + P2_{m+1,1} + P2_{m,2}). \end{aligned}$$

Верхня горизонталь, $m \in [2; k-2]$:

$$\begin{aligned} & z_{m-1,l} + z_{m+1,l} + z_{m-2,l-1} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m-1,l-1} + (3 + 16\alpha_1\alpha_2)z_{m,l-1} - \\ & - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m+1,l-1} + z_{m+2,l-1} + 2z_{m-1,l-2} - 4(\alpha_1 + \alpha_2)z_{m,l-2} + 2z_{m+1,l-2} + z_{m,l-3} = \\ & = 4C_1\alpha_2z_{1,m,l} + 4C_2\alpha_1z_{2,m,l} + C_1(P1_{m-1,l-1} - 4\alpha_1P1_{m,l-1} + P1_{m+1,l-1} + P1_{m,l-2}) + \\ & + C_2(P2_{m-1,l-1} - 4\alpha_2P2_{m,l-1} + P2_{m+1,l-1} + P2_{m,l-2}). \end{aligned}$$

Граничні умови на контурі:

$$\begin{aligned} z_{0,n} &= C_1z_{1,0,n} + C_2z_{2,0,n}, & z_{m,0} &= C_1z_{1,m,0} + C_2z_{2,m,0}. \\ z_{k,n} &= C_1z_{1,k,n} + C_2z_{2,k,n}, & z_{m,l} &= C_1z_{1,m,l} + C_2z_{2,m,l}. \end{aligned}$$

Графічна інтерпретація отриманих обчислювальних шаблонів представлена на рис. 2 – 7.

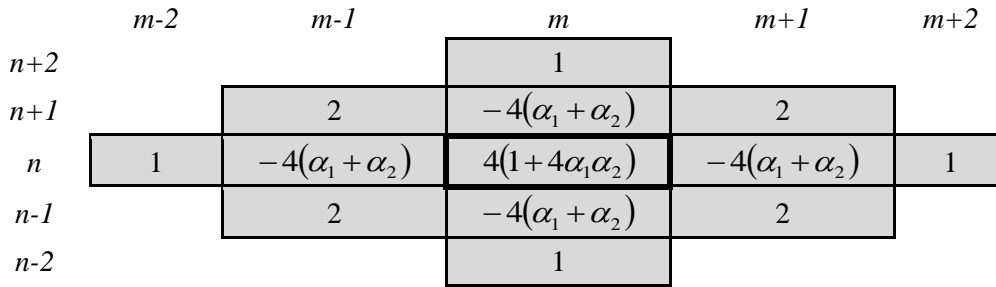


Рис. 2. Графічне представлення обчислювального шаблону який використовується для внутрішніх вузлів (першого типу)

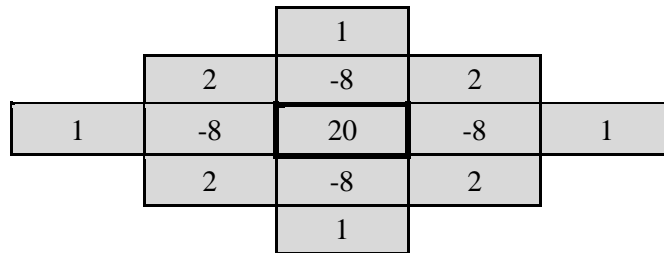


Рис. 3. Графічне представлення обчислювального шаблону який використовується для внутрішніх вузлів (першого типу) при $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

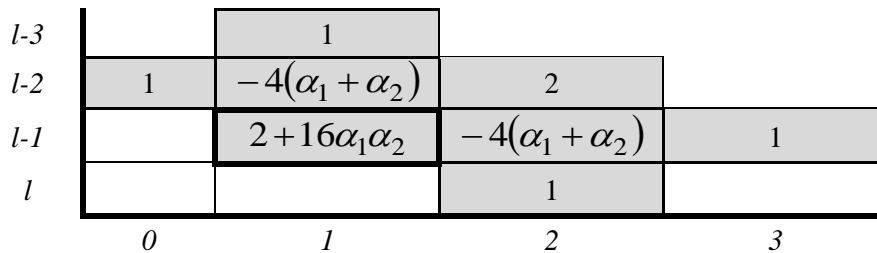


Рис. 4. Графічне представлення обчислювального шаблону який використовується для кутових вузлів (другого типу)

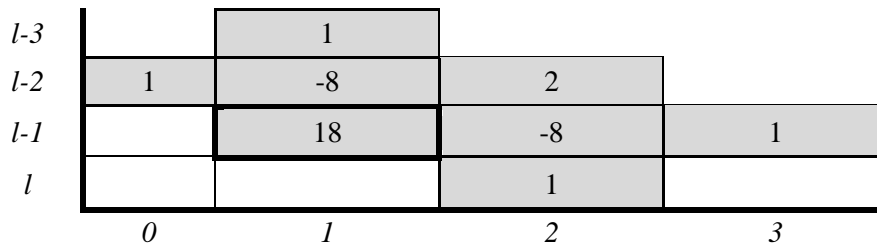


Рис. 5. Графічне представлення обчислювального шаблону який використовується для кутових вузлів (другого типу) при $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

	$m-2$	$m-1$	m	$m+1$	$m+2$
0		1		1	
1	1	$-4(\alpha_1 + \alpha_2)$	$3 + 16\alpha_1\alpha_2$	$-4(\alpha_1 + \alpha_2)$	1
2		2	$-4(\alpha_1 + \alpha_2)$	2	
3			1		

Рис. 6. Графічне представлення обчислювального шаблону який використовується для приконтурних вузлів (третього типу)

	$m-2$	$m-1$	m	$m+1$	$m+2$
0		1		1	
1	1	-8	19	-8	1
2		2	-8	2	
3			1		

Рис. 7. Графічне представлення обчислювального шаблону який використовується для приконтурних вузлів (третього типу) при $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

План ділянки поверхні автодорожнього полотна на якому квадратами, ромбами та шестикутниками позначено різні типи вузлів та конфігурації шаблонів які використовуються для обчислення відповідних аплікат представлено на рис. 8.

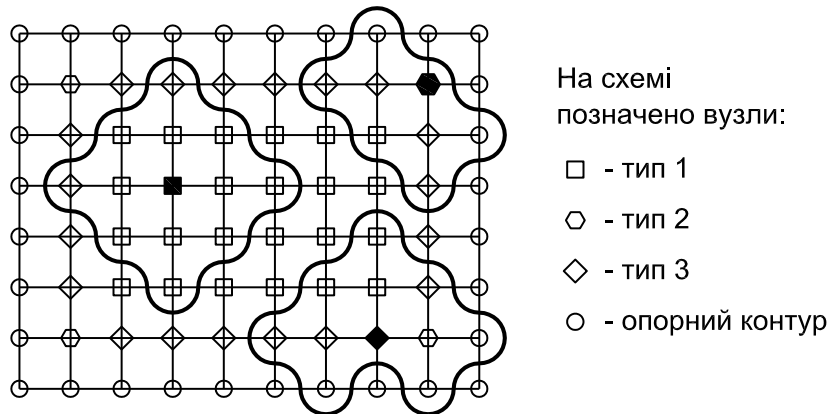


Рис. 8. План ділянки поверхні автодорожнього полотна з позначеними типами вузлів та шаблонами які використовуються для обчислення відповідних аплікат

Висновки. В роботі розглянуто питання формоутворення регулярної дискретної структури, яка представляє ділянку поверхні автодорожнього полотна. Отримано двовимірні обчислювальні шаблони для визначення аплікат вузлів поверхні за наперед заданими геометричними вимогами на прямокутній сітці з рівномірним кроком. Завдяки більш широкій постановці задачі моделювання, отримано скінченно-різницеві оператори формування моделей складних поверхонь, що суттєво розширює формоутворюючі можливості під час проектування автодорожнього полотна.

1. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road). – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 224 с.
2. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.
3. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных до-рог. – М.: Транспорт, 1986. - 317 с.
4. Ковалев С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций. Дисс. ... докт. техн. наук.– М.: 1986. – 348 с.

Стаття надійшла до редакції 5.05.2014 р.

О.В.Сараєв, С.В.Данець

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
**ВИКОРИСТАННЯ ПРИКЛАДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ
ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ**

Розглянуті основи дослідження дорожньо-транспортної пригоди з використанням прикладних комп'ютерних програм. Дана оцінка функціональним можливостям цих програм, особливо програмі CARAT, яка офіційно застосовується в Україні. Визначена необхідність подальшого впровадження новітніх автоматизованих технологій в процес дослідження дорожньо-транспортної пригоди.

Ключові слова. Дорожньо-транспортна пригода, дослідження, комп'ютерна програма, транспортний засіб, рух, моделювання

Рис 7. Літ 11.

А.В.Сараєв, С.В.Данець

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ**

Рассмотрены основы исследования дорожно-транспортного происшествия с использованием прикладных компьютерных программ. Дана оценка функциональным возможностям этих программ, особенно программе CARAT, которая официально применяется в Украине. Определена необходимость дальнейшего внедрения новейших автоматизированных технологий в процесс исследования дорожно-транспортного происшествия.

Ключевые слова. Дорожно-транспортное происшествие, исследование, компьютерная программа, транспортное средство, движение, моделирование

O.Sarayev, S.Danez

USE OF APPLIED COMPUTER PROGRAMS AT RESEARCH OF ROAD ACCIDENTS

The basics of research of road accidents using computer applications are considered. The functionality of these programs, especially the CARAT program, which is officially introduced in Ukraine is assessed. The necessity of further introduction of new automated technologies in the process of investigating a traffic accident is determined.

Object of study - computer applications for research of road accident circumstances.

The purpose of the article- introduction and development of new technologies (in Ukraine) of automation of the road accident research process, calculating the parameters of vehicles motion.

Research methods - functional analysis of computer applications of road accident research. Software modeling of parameters of vehicles motion.

The results given in this article may be used for development and improvement of modern software, designed to study the circumstances of road accidents.

The projected assumption regarding the development of the object of research - during the introduction of new automated technologies of road accidents research (in Ukraine) thereraised a major problem. The results of road accident study made by automated means and methods of foreign production may differ materially from the same accident investigation, but made by the traditional expert technique, which was approved in Ukraine. The resolution of this problem is possible only by improving the scientific and methodological base.

Keywords: traffic accident, research, computer software, vehicle, movement simulation.

Постановка проблеми. У зв'язку з розвитком комп'ютерних технологій та появою на ринку України різних програмних продуктів, як правило імпортних, які використовуються при проведенні експертного дослідження дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), виникла нагальна потреба у вивченні цих програм і застосуванні їх на практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розроблені та втілені в практику теоретичні основи та методики експертного дослідження при проведенні автотехнічних експертиз, що застосовуються експертами на сьогоднішній день, були затверджені міністерствами юстиції та внутрішніх справ України ще наприкінці минулого сторіччя [1, 2, 3, 4].

За сучасними напрямками застосування для потреб автотехнічної експертизи комп'ютерні програми можна поділити на такі групи [5, 6, 7]:

- програми для креслення – PC-Draw, Corel-Draw, Plan, пакет програм «Cad Zone»;
- фотометричні програми – PC-Rect, PhotoModeler Pro, завданням яких є відображення всіх об'єктів, зображених на фотознімку, зверху (сліди гальмування, осипання скла та уламків, розташування транспортних засобів та інших учасників та об'єктів, що мають відношення до ДТП), з дотриманням при цьому всіх пропорцій відстаней і розмірів як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках;

- програми для проведення розрахунків параметрів руху – ARC (Accident Reconstruction Calculator), AR Pro (Accident Reconstruction Professional), CPASH-2000, Analyzer Pro, WinKol (Kollision), CRASH-3, Rec-Tec, Drive-3, RWD та інші;
- програми для аналізу часово-просторового відношення – Titan, Slibar+;
- демонстраційні (симуляційні) програми, що відображають у двомірному (2D) або в тривимірному (3D) форматі рух і взаємодію учасників ДТП – SMAC (The Simulation Model of Automobile Collisions), CARAT, V-SIM, PC-Crash та інші.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Прикладні програми, які можуть використовуватися в експертній практиці, призначені, перш за все, для підтвердження та візуалізації логічної й обгрунтованої версії, яку експерт-автотехнік повинен мати ще до початку роботи з програмою. Жодна програма не може замінити експерта, а призначена вона для того, щоб з меншими витратами отримати якісніший результат. Тому використання технічних засобів не звільняє експерта від певних знань і досвіду, які треба постійно удосконалювати.

Мета дослідження. Втілення і розвиток в Україні новітніх технологій автоматизації процесу дослідження механізму дорожньо-транспортної пригоди, вимірювання та розрахунку параметрів руху транспортного засобу.

Основні результати дослідження. Перші програми створення графічного зображення місця ДТП для поліції США та Канади почали застосовуватися на практиці з 1990 р. і до теперішнього часу триває постійна модернізація таких програмних продуктів. Для складання масштабної схеми на місці ДТП уваги безумовно заслуговує комплекс програмного забезпечення під загальною назвою «Cad Zone» [5, 7].

«Cad Zone» – це пакет програм, розроблених у США для працівників поліції, який складається з декількох програмних продуктів, таких як: «Fire Zone» (зона вогню), «Crime Zone» (зона злочину), «Crash Zone» (зона аварії), «Quick Scene» (швидка сцена), «CZ Point Cloud» (хмара точок) та інші.

Програма «Crash Zone» призначена безпосередньо для використання поліцейськими, що документують події ДТП. При її використанні, побудова перетинань будь-якої кількості доріг не створює проблем і здійснюється тільки вибором їх напрямків. Масштаб перехрестя можна змінювати й наносити необхідні лінії розмітки на проїзні частини. Особливістю програми є можливість збору даних із попередніх «схем» і значне зменшення часу для створення нових рисунків. За наявності такого, створеного раніше та збереженого шаблону можна одержати графічне зображення необхідного місця відразу. При цьому залишиться тільки внести транспортні засоби та слідову інформацію в правильні позиції. Програмне забезпечення дозволяє уточнювати механізм події. При цьому є можливість провести анімацію руху автомобілів, як до, так і після зіткнення в 2D та 3D вигляді (рис. 1).

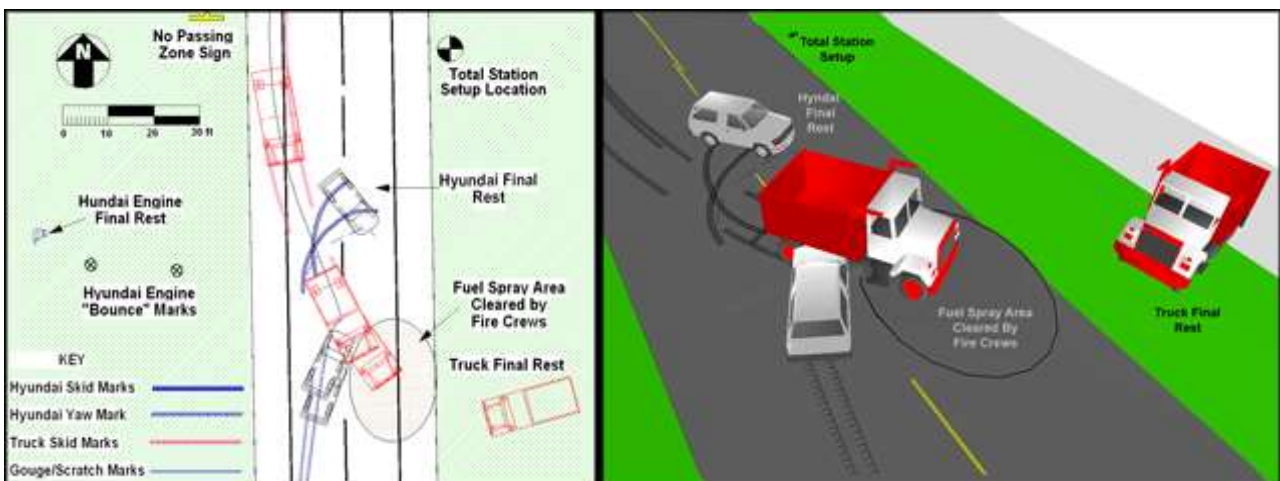


Рис. 1. Анімація можливого руху транспортних засобів під час ДТП у програмному пакеті «Card Zone»

Програма «Quick Scene» (більш проста версія програми «Card Zone») дає можливість поліцейським легко скласти професійного вигляду схеми місця події з використанням ноутбука

за 5–10 хвилин. Ця програма також містить у собі великий діапазон можливостей, що дозволяє не тільки креслити дороги та їх перетинання, а також візуально контролювати проведення вимірювань і виключити ймовірність утворення промахів на схемі. Програма «Quick Scene» використовується в патрульних машинах для створення як схеми місця ДТП, так і механізму ДТП в цілому (рис. 2).

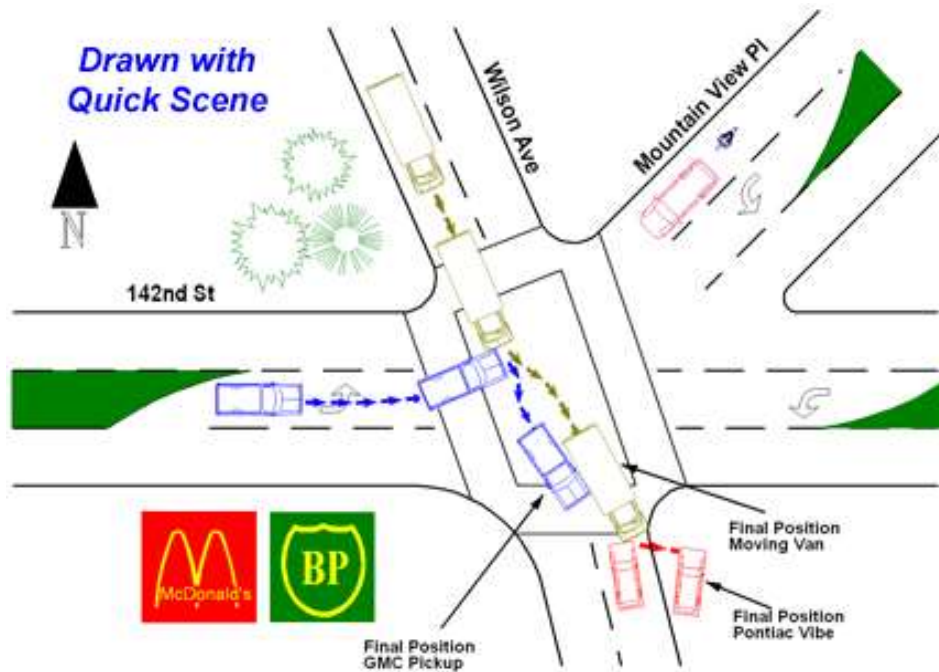


Рис. 2. Проект схеми ДТП у програмі «Quick Scene» з відображенням характеру руху транспортних засобів та їх взаємного розташування

Сучасним програмним продуктом, що дозволяє проводити симуляцію (відтворення) дорожньо-транспортної пригоди, є програма CARAT-3, можливості та ефективність застосування якої при виконанні автотехнічних експертиз були апробовані на базі НДЕКЦ при ГУМВС України в Харківській області [6]. Комп'ютерна програма CARAT-3 призначена для моделювання динаміки та кінематики руху автотранспортних засобів та аналізу їх зіткнень при ДТП. До складу цієї програми входить модуль для креслення, що дає можливість викреслювати ескізи з відображенням елементів дороги та інших об'єктів, які відносяться до місця пригоди. Всі складені креслення можуть бути збережені та за необхідності неодноразово використовуватися. Є можливість використовувати виміри, виконані методом трикутників і створювати таким чином точні креслення, які б відповідали обставинам місця пригоди. Існує також можливість сканувати малюнки або ескізи, завантажувати їх як графічні файли для подальшої роботи. Програма приймає креслення в dxf-форматі. За допомогою програми можна проводити моделювання руху ТЗ та інших об'єктів на всіх стадіях ДТП з проведенням обчислень параметрів руху. Обчислення можуть проводитися як у динамічному (беручи до уваги зовнішні сили, що діють на автомобіль), так і в кінематичному (беручи до уваги тільки рух) режимі. Зіткнення будь-яких автотранспортних засобів та об'єктів можуть моделюватися необмежену кількість разів. Моделювання виконується в двовимірному (2D) або тривимірному (3D) зображенні. Зображення можуть бути прозорими, що дозволяє легко розглянути всі деталі об'єктів і слідів, нанесених на схему. Є можливість додавати до результатів розрахунків графічні діаграми співвідношення відстані й часу, а також зміни швидкості та прискорення (сповільнення).

Для аналізу процесів руху використовується просторова модель автомобіля у вигляді макета кузова, по якому розподілена вся маса автомобіля та коліс (маса, яких прийнята рівною 0), з'єднаних з кузовом через підвіску. Передні колеса за необхідності можна «повернути» в потрібному напрямку, крім того, всім колесам можна задати певні зміщення, обумовлені деформацією направляючої системи підвіски. Важливим елементом в математичному моделюванні є модель шин. У програмі використовуються моделі шин «IPG-Tire». Автомобілі, що використовуються для моделювання, можуть бути укомплектовані шинами з будь-яким

допустимим навантаженням і висотою малюнка протектора. Характеристики залежності коефіцієнта зчеплення від швидкості для кожної шини можуть бути запрограмовані окремо.

Стандартний розподіл гальмівних сил може бути визначений окремо для кожного автомобіля. Є можливість враховувати при моделюванні наявність або відсутність у автомобіля антиблокувальної системи гальм (ABS) [8]. Поворот кермового колеса, сила натиснення на педаль гальма та положення педалі акселератора можуть бути задані у вигляді функцій часу. У режимі моделювання руху автомобіля по заданій траєкторії програма автоматично намагається здійснити необхідний поворот кермового колеса для забезпечення руху по заданій траєкторії. При розгляді руху автомобіля в динамічному режимі враховуються насамперед зовнішні сили, які діють на його колеса, вплив дорожньої поверхні й аеродинамічні сили. Реакції дорожньої поверхні визначаються: типом приводу (передній, задній або повний), потужністю двигуна й положенням дросельної заслінки. Ці сили генеруються в процесі руху (розгону, гальмування, при повороті кермового колеса або при дії відцентрової сили при русі на закругленні дороги). Задати всі ці параметри можна за допомогою інструментарію програми (рис. 3).

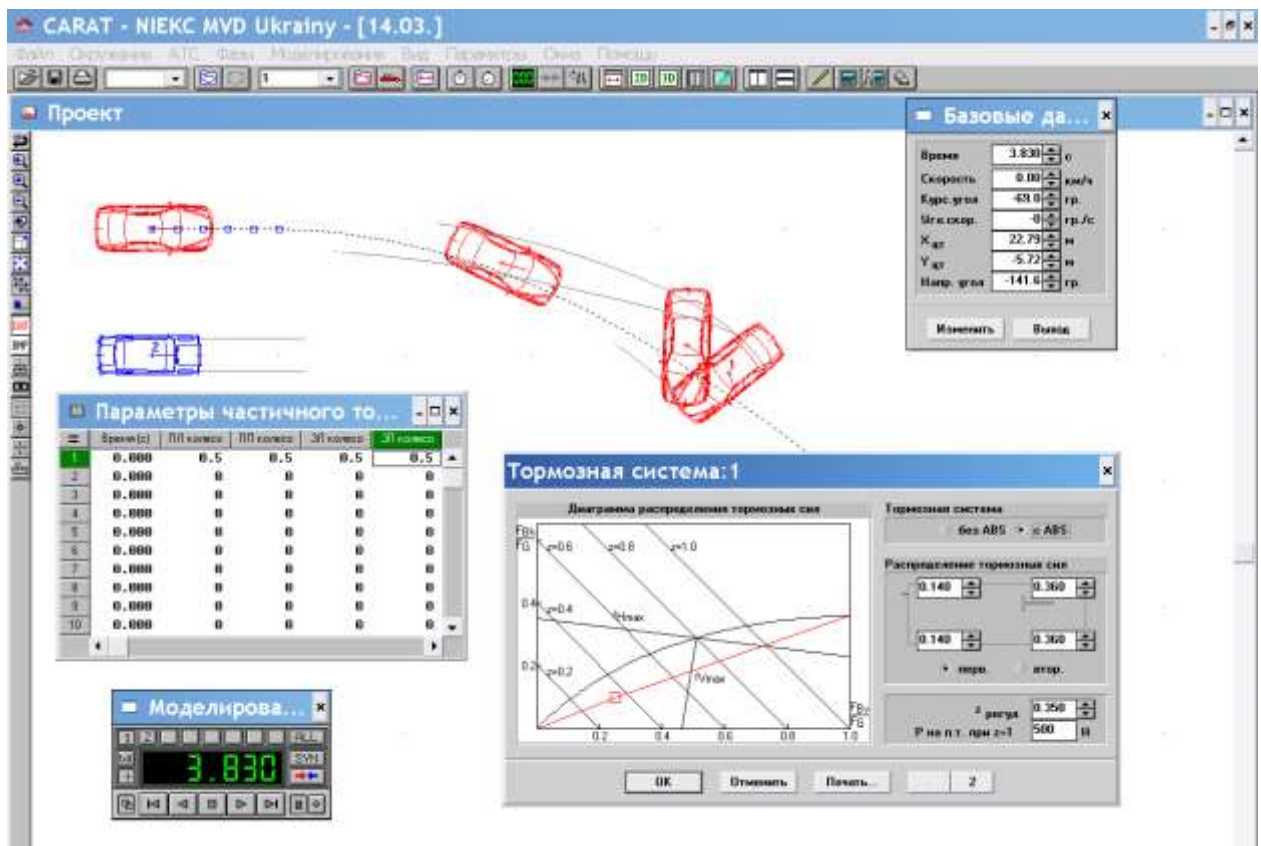


Рис. 3. Моделювання руху транспортного засобу у програмному середовищі CARAT

Щоб перевірити наскільки програма CARAT функціональна і враховує особливості конструкції сучасної гальмівної системи авторами статті було виконано порівняльне моделювання процесу гальмування автомобіля Mercedes S-600 та автомобіля ВАЗ-2111. За результатами моделювання можна зробити такі висновки. По-перше, у шлях гальмування з усталеним сповільненням цих автомобілів практично не відрізняється один від одного, хоча у реальних умовах шлях гальмування з усталеним сповільненням легкового автомобіля, який обладнаний сучасною гальмівною антиблокувальною системою буде завжди меншим ніж у автомобіля, який такою системою не обладнаний. Цьому факту вже було надано пояснення в низки наукових праць [9, 10, 11]. Крім того, можна зауважити на недоліки моделювання процесу гальмування у динамічному режимі програми CARAT – 3, де неможливо порахувати зупинний та гальмівний шлях транспортного засобу, а можливо тільки визначити його координати переміщення з усталеним сповільненням.

При динамічних розрахунках частіше розглядається криволінійний рух автомобіля, тому поворот кермового колеса має бути поданий у відповідній залежності кута його повороту від часу.

Однак, такий метод визначення повороту кермового колеса в ряді випадків може бути досить трудомістким. Тому в програмі передбачена можливість автоматичного генерування повороту кермового колеса з використанням відносно простої математичної моделі водія. Модель водія при цьому «намагається утримати» транспортний засіб на заданій траєкторії, з урахуванням сил, що діють на автомобіль. До програми вводяться значення часу, швидкостей поступального та обертального руху, курсового та направляючого кутів транспортного засобу та координати розташування його центру ваги по осям X і Y . Після цього проводиться моделювання руху автомобіля за часом (рис. 4).

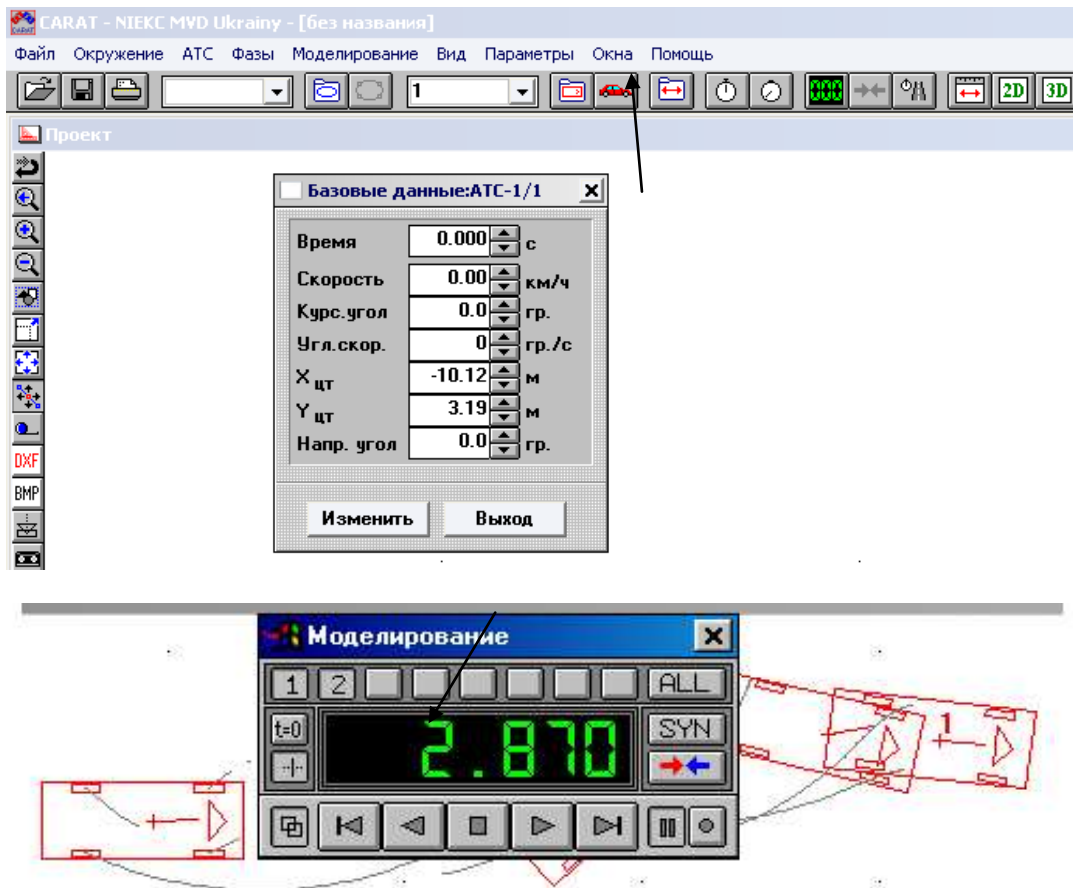


Рис. 4. Моделювання руху транспортного засобу за часом

Для аналізу зіткнення ТЗ у програмі CARAT-3 можуть застосовуватися зворотний і прямий розрахунки. Зворотний розрахунок механізму ДТП виконується на основі кінцевих позицій транспортних засобів та слідової інформації, які зафіксовані на схемі ДТП. Прямий розрахунок – це реконструкція зіткнення двох автомобілів за допомогою математичної моделі, коли початковими параметрами розрахунку є задані швидкості руху й інші параметри. Моделювання руху автомобілів (у тому числі зіткнення) здійснюється на основі використання запрограмованого алгоритму. Розрахований у такий спосіб механізм порівнюється з реальними даними про ДТП і, за необхідності, вносяться зміни до початкових параметрів.

Розрахунки в програмі CARAT-3 проводяться на основі законів збереження кількості руху й моменту кількості руху. Для розрахунку мають бути відомими величини та напрямки ударних імпульсів після зіткнення, а також напрямки початкових імпульсів. Значення імпульсів до контактування розраховуються на підставі того, що вектори ударних імпульсів для обох автомобілів мають бути рівними за величиною та протилежними за напрямками. У подальшому перевіряються умови збереження моменту кількості руху на підставі даних, отриманих при застосуванні закону збереження імпульсу.

При аналізі ДТП, які виникають у разі зустрічних або попутних зіткнень транспортних засобів при використанні тільки рівнянь, що відображає закон збереження імпульсу, виникають проблеми, оскільки незначні зміни кутів векторів імпульсів можуть призвести до значних змін цих

векторів (як за напрямком, так і за кількісним показником). З метою вирішення цієї проблеми в програмі використовується метод розрахунку швидкості руху транспортного засобу, оснований на еквівалентності його кінетичній енергії роботі деформації, яка здійснилась при зіткненні з перешкодою (EES – Energy Equivalent Speed). При цьому, крім закону збереження кількості руху та його моменту, береться до уваги ще й закон збереження енергії. Різниця між енергією системи до зіткнення й енергією системи після зіткнення приблизно відповідає роботі деформації, що оцінюється за uszkodженнями на автомобілях. Роботу деформації можна розрахувати за допомогою відповідних методик. Таким чином, використовується рівняння, яким можна замінити дані про напрямок одного з вихідних імпульсів, що полегшує розрахунок при аналізі ДТП, особливо, коли має місце проковзування. Для методу зворотного розрахунку за значеннями EES коефіцієнт відновлення при ударі не має значення.

Окрім того, у програмі CARAT-3 розглядаються зіткнення, що відбуваються під час проковзування транспортних засобів відносно один одного або без проковзування. Зіткнення без проковзування – це зіткнення двох автомобілів, коли точки контакту обох автомобілів (зони деформації) після зіткнення мають однакову або майже однакову швидкість. Зіткнення із проковзуванням – це зіткнення двох автомобілів з незначним перекриттям при зустрічному або попутному русі, коли один автомобіль під час зіткнення переміщується відносно іншого. Після зіткнення ці автомобілі продовжують рухатися приблизно в початкових напрямках, але під деяким кутом.

Застосовуючи зворотний розрахунок, у програмі CARAT можна змоделювати зіткнення автомобілів, використовуючи отримані дані про рух кожного з них після зіткнення. Причому виконується моделювання багаторазово. При цьому змінюються координати імпульсної точки, напрям ударного імпульсу та коректуючи значення швидкості, еквівалентної енергії деформації до здобуття результату, що приблизно відповідав би механізму даного ДТП (рис. 5).

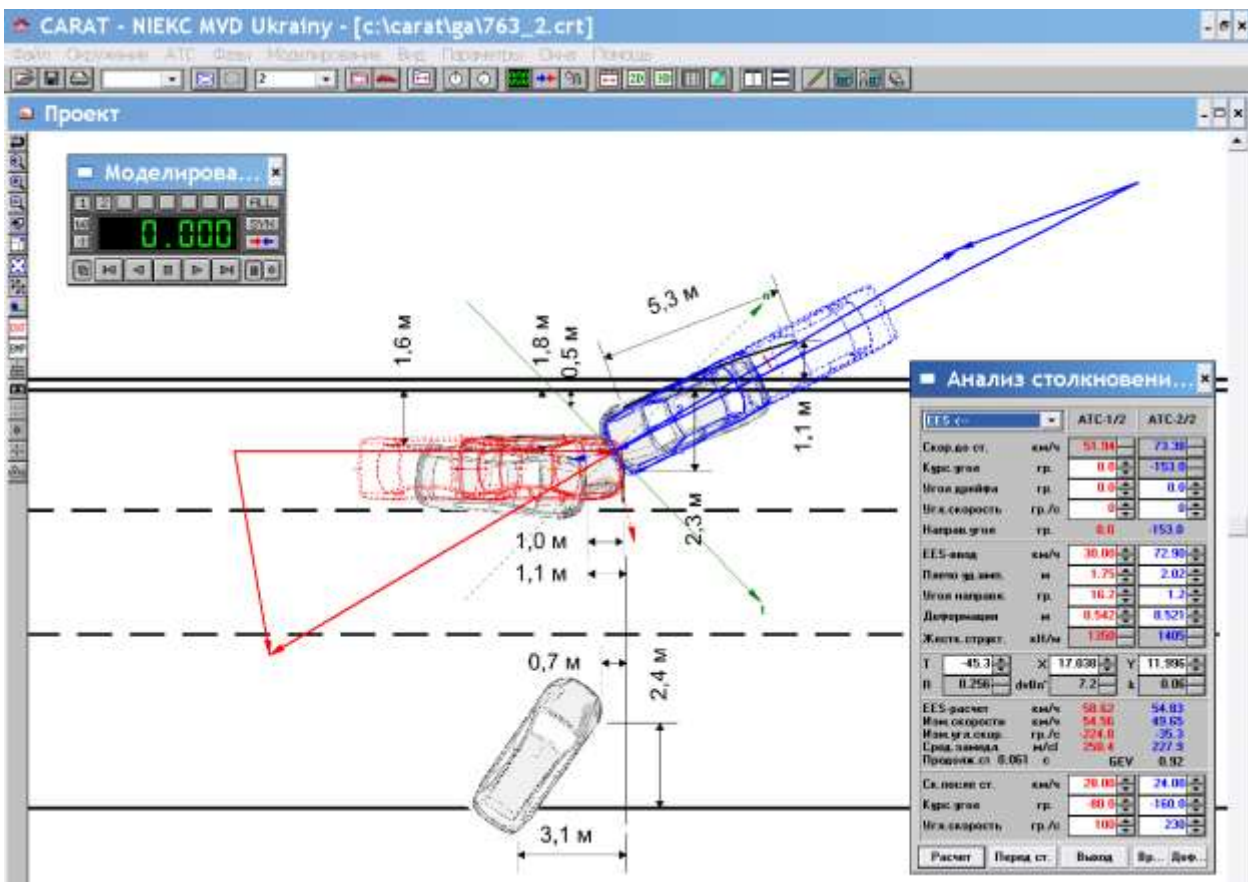


Рис. 5. Симуляція фази зіткнення транспортних засобів

Після завершення моделювання фази зіткнення проводиться симуляція руху автомобілів у фазі зближення (рис. 6).

На підставі виконаного моделювання та симуляції руху транспортних засобів у процесі розвитку ДТП програма CARAT дозволяє отримати наглядний розвиток механізму зіткнення за часом у вигляді схематичного руху або 3D-анімації (рис. 7).

Для розрахунку поступального та обертового руху транспортного засобу у програмі використовуються формули, які описують стан спокою, рух при постійній швидкості, постійному прискоренні та прискоренні, що змінюється лінійно в часі. Вихідні дані можна змінювати, вводячи необхідні числові значення, а також безпосередньо змінюючи положення вузлів графіків на діаграмах. Будь-яка з вищезазначених змін відразу ж приводить до зміни положень транспортних засобів та об'єктів на робочому столі програми. Таким чином, можна відразу перевірити, чи відповідають обчислення реальним фактам.

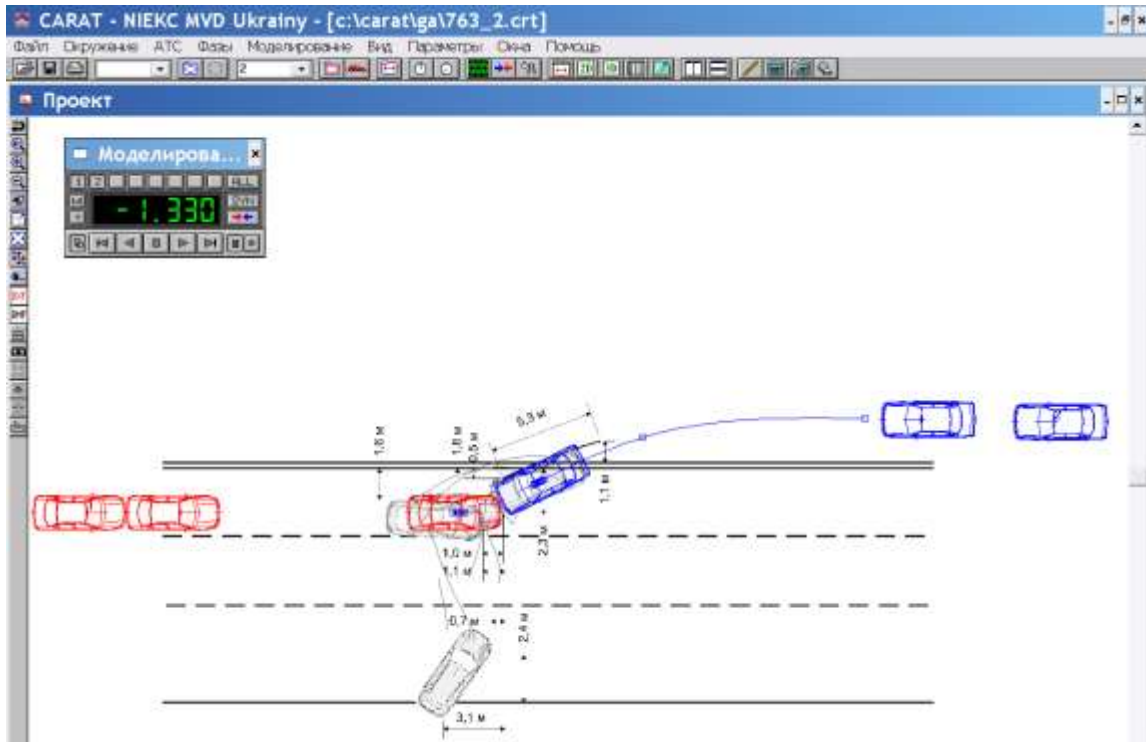


Рис. 6 Симуляція фази зближення транспортних засобів



Рис. 7. Повний механізм зіткнення транспортних засобів (3D-анімація)

До основних переваг програми CARAT-3 належать:

- широкий графічний інтерфейс (креслярська програма для створення ескізів, можливість використання наявних ескізів і файлів у форматі BMP, двох- і трьохвимірних зображень автотransпортних засобів та об'єктів);
- наявність інтегрованої бази даних автотransпортних засобів;
- можливість враховувати основні параметри автотransпортних засобів (габаритні розміри, аеродинамічні властивості, розташування центру ваги, положення педалі акселератора, потужність двигуна, гальмові зусилля на кожному колесі, наявність антиблокувальної системи гальм, тип приводу, кермове керування та налаштування підвіски), об'єктів оточення, умов руху, обставин ДТП;
- моделювання руху в динамічному та кінематичному режимах, і, зокрема по заданій траєкторії;
- наявність модуля аналізу зіткнень.

Недоліками програми CARAT-3 можна вважати відсутність модуля для дослідження складних наїздів на пішохода та недостатня повнота і об'єктивність в дослідженні процесу гальмування транспортних засобів.

Висновки. Використання програмного забезпечення при дослідженні ДТП дозволяє однозначно підвищити ефективність виконуваних робіт - це, по-перше, за рахунок можливості при однакових часових витратах виконати однозначно більший об'єм розрахунків, причому, ймовірність помилок арифметичного характеру при цьому зменшується, по-друге, за рахунок можливості візуалізувати результати проведеного дослідження, що дозволяє подати їх у більш доступній формі.

Перспективи подальших розвідок. Під час впровадження новітніх автоматизованих технологій дослідження ДТП в Україні виникла суттєва проблема. Результати дослідження ДТП, що виконані за допомогою автоматизованих засобів і методів іноземного виробництва можуть суттєво відрізнитися від результатів дослідження того ж ДТП, але виконаного традиційною експертною методикою, яка затверджена в Україні. Вирішення цієї проблеми можливо тільки шляхом подальшого удосконалення науково-методичної бази.

1. Судебная автотехническая экспертиза. – В 2 ч. / под научн. руков. В.А. Иларионова. – Ч. 2. – М.: Министерство юстиции СССР, 1980. – 490 с.
2. Экспертная практика и новые методы исследования / Результаты систематизации экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотransпортных средств / Информационный сборник в 3 ч. – М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1990. – 28 с.
3. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 №53/5.
4. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 08.10.98 №53/5.
5. Перлін С.І. Системи лазерного сканування. Документування обставин дорожньо-транспортних пригод (інформаційний лист) / С.І. Перлін, С.О. Шевцов, О.Б. Кучерявенко, С.А. Буряк. – Х.: НДЕКЦ при ГУМВС України в Харківській області, 2011. – 44 с.
6. Косяков В.В. Використання комп'ютерної програми CARAT-3 при проведенні авто технічних експертиз: методичні рекомендації / В.В. Косяков, О.Б. Кучерявенко. – К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2010. – 40 с.
7. Туренко А.М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / Клименко В.І., Сараєв О.В., Данець С.В.. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 320 с.
8. Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
9. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учебное пособие для вузов / Ю.Б. Суворов. – М.: Право и закон, 2004. – 208 с.
10. Сараєв О.В. Проблемні питання визначення параметрів руху транспортних засобів при дослідженні ДТП / Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр. – Х.: ХНАДУ. - 2013. Вып. 61 – 62. – С. 174-178.
11. Клименко В.І. Дослідження впливу антиблокувальної системи на ефективність гальмування легкового автомобіля / В.І. Клименко, І.А. Давіденко, О.В. Сараєв // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Х.: ХНАДУ. – 2011. – Вып. 29. – С. 245–249.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2014

УДК 629.113

В.П.Сахно, В.М.Поляков, Р.М.Кузнєцов, П.О.Гуменюк
Національний транспортний університет
Луцький національний технічний університет
МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОПОЇЗДА З КЕРОВАНИМ НАПІВПРИЧЕПОМ

Визначені показники маневреності сидельного автопоїзда загальною довжиною 17,5 м з керованим напівприцепом за розробленого закону управління його задньою віссю. Показано, що розроблений привод управління забезпечує з достатньою точністю відслідковування траєкторії напівпричепи щодо траєкторії тягача. Максимальні відхилення при різних поворотах не перевищують 0,08...0,10 м.

Ключові слова: маневреність, автопоїзд, закон управління, відхилення, привод, траєкторія, поворот
Рис 5. Форм 10. Літ 11

Определены показатели маневренности седельного автопоезда общей длиной 17,5 м с управляемым полуприцепом при разработанном законе управления его задней осью. Показано, что разработанный привод управления обеспечивает с достаточной точностью отслеживание траектории полуприцепа относительно траектории тягача. Максимальные отклонения при разных поворотах не превышают 0,08...0,10 м.

Ключевые слова: маневренность, автопоезд, закон управления, отклонение, привод, траектория, поворот

Specified mathematical model of road-train taking into account of the law of the traffic control of semitrailer, which is described quadratic parabolas for an entrance and exit from and turn the guide. Calculations are execute for typical saddle road-train in composition of car-tractor by the example like Scania type and semitrailer like Krone type with the prolonged base (general length of road-train is 17,5 m). It is set that driving gear of traffic control after developed the law of the traffic control on the back of semitrailer, and also the double driving gear of traffic control is provided by acceptable join of the saddle-towed road-train in the most typical terms of motion - turns on 90° and 180°, motion like «zigzag» and «reposition». Maximal of rejections in the considered cases did not exceed 0,08...0,10 m. The efficiency of the offered law of the traffic control can be estimate and relate to difference in the percentages of values of radius of turn of road-train with an out of control and guided semitrailer. This difference is range within 25% to 33%, diminishing on the average the radius of turn on 29%. That is very important for providing of necessary indicators of manoeuvrability of road-train.

Manoeuvrability of road-train with the developed driving gear of traffic control on the back of semitrailer compared to the road-train with an out of control semitrailer and with an a road-train at the double driving gear of traffic control on the fore-axle of semitrailer. The results of calculations rotined that driving gear of traffic control after the developed of the law of traffic control, and also the double driving gear of traffic control is provided the acceptable join of road-train in the most typical terms of motion - turns on 90° and 180°. However in case of circular motion the driving gear of traffic control after the developed of the law of traffic control provides the more exact tracking the trajectories of car-tractor of semitrailer in comparing to the semitrailer with the double driving gear of traffic control on fore-axle.

Keywords: manoeuvrability, road-train, law of traffic control, rejection, driving gear, trajectory, turn

Постановка проблеми. Вже перший досвід масової експлуатації вантажних автотранспортних засобів (АТЗ) показав, що їх основні технічні параметри повинні нормуватися відповідними національними і міжнародними документами. З тих пір за рубежем створено багато таких документів, що регламентують повну масу, її розподіл по осях, габаритні розміри і показники тягово-швидкісних властивостей АТЗ [7]. Як відомо, одним з основних показників, що визначає продуктивність автомобіля або автопоїзда, є його вантажопідйомність, яка з роками збільшується у всіх країнах [11]. Законодавчо це видно в підвищенні повних мас АТЗ, що, зрозуміло, може бути досягнуте за рахунок збільшення мас, які припадають на кожен з осей (осьових навантажень) та числа самих осей.

Граничні осьові навантаження встановлюються з урахуванням міцності і зносостійкості дорожніх покриттів, фізичних властивостей ґрунтів, на яких прокладені дороги, «дорожньої» і «автомобільної» складової собівартості транспортної роботи і багатьох інших чинників.

Поряд з обмеженням показників маси АТЗ, регламентуються і їх габаритні розміри. Причому ці розміри залежать [6, 2], у першу чергу, від ширини проїзної частини, висоти проїздів під штучними спорудами, що зустрічаються на шляху, радіусів закруглень доріг, щільності транспортного потоку. Слід зауважити, що в даний час регламентується не тільки довжина автомобіля, але і його задній звис, що складає від 50 до 66 % бази автомобіля .

За останні роки потужним імпульсом для збільшення довжини АТЗ, особливо автопоїздів, послужив розвиток перевезень вантажів у контейнерах, що змусило ці довжини погоджувати з розмірами універсальних контейнерів ISO. Так, при перевезенні 45-футових контейнерів загальна довжина сидельного автопоїзда збільшується до 17,0...17,5 м, що виходить за рамки максимально допустимої для автопоїзда з некерованим напівприцепом (16,5 м), тобто такий автопоїзд необхідно виконувати з керованим напівприцепом [1, 3-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рівняння роботи будь-якої системи управління поворотом може бути представлено у вигляді [10]

©В.П.Сахно, В.М.Поляков, Р.М.Кузнєцов, П.О.Гуменюк

$$\Delta\alpha = u \times \Delta\gamma,$$

де $\Delta\alpha$ - зміна кута складання;

$\Delta\gamma$ - відповідна зміна приведенного кута повороту керованих коліс напівпричепа, причепа;

u - кутове передаточне відношення приводу управління.

Для управління причіпними ланками застосовуються приводи з різними типами керуючих зв'язків: прямим, зворотним, комбінованим (подвійним). Відмінність між типами керуючих зв'язків полягає в функціональній залежності параметрів, що характеризують кінематику руху автопоїзда [10].

За будь-якого приводу управління колесами (осями) причіпних ланок для забезпечення їх слідування траєкторією тягача залежність між задаючими і керованими параметрами повинна утворювати так звану «петлю вписуваності». У роботі [9] розроблений привід управління, що апроксимує «петлю вписуваності» двома параболою другого порядку – одна на вході автопоїзда в поворот, друга – на виході з повороту. **Проте у цій роботі не всі показники маневреності були визначені.**

Метою роботи є визначення показників маневреності сідельного автопоїзда з керованою віссю напівпричепа за визначеним законом управління [9].

Основні результати дослідження. Проведеними дослідженнями встановлено, що основні оціночні показники маневреності автопоїздів слід визначати шляхом розв'язку диференціальних рівнянь руху. Такі рівняння для сідельного автопоїзда (рис. 1) отримані у роботі [8] і записані у вигляді:

- для поздовжньої швидкості центра мас тягача V

$$(m + m_1 + m_2)(\dot{V} - U\omega) + c\omega^2(m_1 + m_2) - [(m_1d_1 + m_2l_1)[(\dot{\omega} - \ddot{\varphi})\sin\varphi - (\omega - \dot{\varphi})^2\cos\varphi] - m_2d_2[(\dot{\omega} - \ddot{\varphi})\sin\varphi - (\omega - \dot{\varphi})^2\cos\varphi] - \\ = -(X_1\cos\theta_1 + Y_1\sin\theta_1) - \sum_{i=1}^2 X_{1i} - \sum_{j=1}^3 X_{2j} \times \cos(\theta_{23} + \varphi) - Y_{2j} \sin(\theta_{23} + \varphi);$$

- для поперечної швидкості центра мас U

$$(m + m_1 + m_2)\dot{U} - [c(m_1 + m_2) + (m_1d_1 + m_2l_1)\cos\varphi + m_2b_{23}\cos\varphi]\dot{\omega} + [m_1d_1 + \\ + m_2(l_1 + b_{23})]\times\cos\varphi\ddot{\varphi} + (m + m_1 + m_2)\omega V - [m_1d_1 + m_2(l_1 + b_{23})]\omega^2\sin\varphi - m_2b_{23}\omega^2\sin\varphi = \\ = Y_1\cos\theta_1 - X_1\sin\theta_1 + \sum Y_{1i} + \sum(Y_{2j}\cos\varphi_1 - X_{2j}\sin\varphi_1) - X_{23}\sin(\theta_{23} + \varphi_1) + Y_{23}\cos(\theta_{23} + \varphi_1);$$

- для кутової швидкості тягача ω

$$I\dot{\omega} + [\dot{\alpha}c - (U + V\omega)]c(m_1 + m_2) + c\{(m_1d_1 + m_2l_1)[(\dot{\omega} - \ddot{\varphi})\cos\varphi + (\omega - \dot{\varphi})^2\sin\varphi] + m_2d_2[(\dot{\omega} - \ddot{\varphi})\cos\varphi + (\omega - \dot{\varphi})^2\sin\varphi] = \\ = H(X_1\cos\theta_1 + Y_1\sin\theta_1) + \varepsilon X_1 + a(Y_1\cos\theta_1 - X_1\sin\theta_1) + \sum_{i=1}^2(X_{1i}H_{1i} - Y_{1i}b_{1i}) - c[\sum_{j=1}^2 X_{2j} \times \sin(\theta_{23} + \varphi) + Y_{2j} \times \cos(\theta_{23} + \varphi)];$$

- для остова напівпричепа

$$[I_1 + m_1d_1^2 + m_2l_1^2] \times (\dot{\omega} - \ddot{\varphi}) + [(m_1d_1 + m_2l_1)[(\dot{V} - U\omega + c\omega^2) \times \sin\varphi + (V\omega - \dot{U} - c\omega^2) \times \cos\varphi] - m_2d_2l_1(\dot{\omega} - \ddot{\varphi}) = \\ = l_1 \sum_{j=1}^2 [X_{23}\sin\theta_{23} + Y_{23}\cos\theta_2] + M - M_1; \tag{1}$$

- для керованої осі напівпричепа

$$m_2 d_2 \sin \varphi \dot{V} + m_2 d_2 \cos \varphi U - [I_2 + m_2 d_2 (c \cos \varphi + d_2 + l_1)] \dot{\omega} + [I_2 + m_2 d_2^2 (d_2 + l_1)] \ddot{\varphi} + [V \cos \varphi - (U - \omega c) \sin \varphi] m_2 d_2 \omega = + \sum_{j=1}^3 \{-H_2 X_{2j} + (d_2 + b_{2j}) \times (X_{23} \sin \theta_2 + Y_{23} \cos \theta_2 + M_2)\}.$$

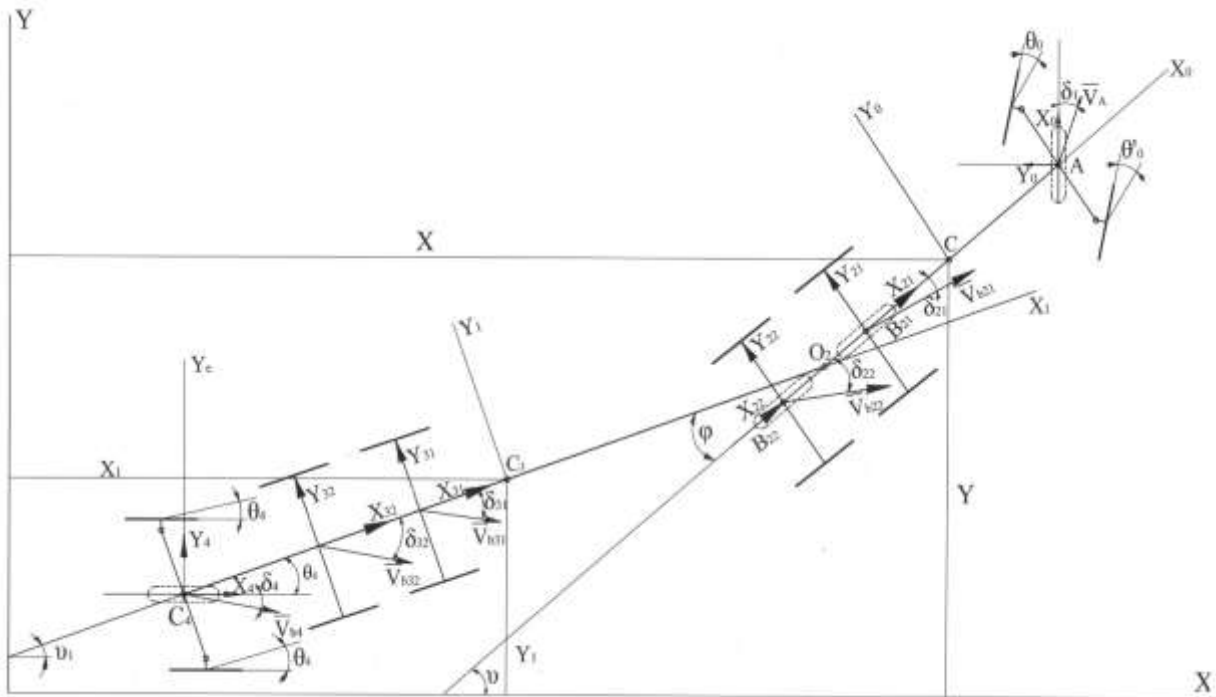


Рис. 1. Розрахункова схема автопоїзда на неусталеному повороті

У системі рівнянь (1) прийнято:

- моменти опору повороту окремих ланок

$$M = H(X_1 \cos \theta_1 + Y_1 \sin \theta_1) + \varepsilon X_1 + a(Y_1 \cos \theta_1 - X_1 \sin \theta_1) + \sum_{i=1}^2 (X_{1i} H_i - Y_{1i} b_{1i}) + + \sum_{j=1}^3 \{-c[X_{23} \sin(\theta_2 + \varphi) + Y_{23} \cos(\theta_23 + \varphi)] - l_1(X_{23} \sin \theta_{23} + Y_{23} \cos \theta_{23}) - (d_2 + b_{23}) \times (X_{23} \sin \theta_{23} + Y_{23} \cos \theta_{23})\};$$

$$M_1 = l_1(X_{23} \sin \theta_{23} + Y_{23} \cos \theta_{23}) - (d_2 + b_{23}) \times (X_{23} \sin \theta_{23} + Y_{23} \cos \theta_{23}); \quad (2)$$

$$M_2 = \sum_{j=1}^3 \{-H_2 X_{23} + (d_2 + b_{2j})(X_{23} \sin \theta_{23} + Y_{23} \cos \theta_{23})\};$$

швидкості ланок автопоїзда:

- кістяка напівпричепа

$$\begin{cases} V_1 = V \cos \varphi - (U - \omega c) \sin \varphi, \\ U_1 = V \sin \varphi + (U - \omega c) \cos \varphi - (\omega - \dot{\varphi}) d_1 \\ \omega_1 = \omega - \dot{\varphi}; \end{cases} \quad (3)$$

- керованої осі напівпричепа

$$\begin{cases} V_2 = [V \cos \varphi - (U - \omega x) \sin \varphi]; \\ U_2 = -[V \sin \varphi + (U - \omega x) \cos \varphi - \omega_1 l_1] - \omega_2 d_2; \\ \omega_2 = \omega - \dot{\varphi} \end{cases} \quad (4)$$

кути відведення:

- керованих коліс автомобіля-тягача

$$\delta_1 = \theta_1 - \operatorname{arctg} \frac{U + \omega(a - \varepsilon \sin \theta_1) - \dot{\theta}_1 \varepsilon \sin \theta_1}{V - \omega(H + \varepsilon \cos \theta_1) - \dot{\theta}_1 \varepsilon \cos \theta_1}, \quad (5)$$

- некерованих коліс автомобіля-тягача

$$\delta_{1i} = \operatorname{arctg} \frac{-U + b_i \omega}{V - \omega H}, \quad (i=1,2) \quad (6)$$

- коліс керованої осі напівпричепа

$$\delta_{23} = -\theta_{23} - \operatorname{arctg} \frac{(U_2 - \omega_2 b_{23}) + H(\omega_2 - \dot{\theta}_{23}) \sin \theta_{23}}{V_2 - H(\omega_2 - \dot{\theta}_{23}) \cos \theta_{23}}, \quad (7)$$

- некерованих коліс напівпричепа

$$\delta_{2j} = -\operatorname{arctg} \frac{(U_2 - \omega_2 b_{2j})}{V_2 - H \omega_2}, \quad (8)$$

передаточне відношення приводу управління напівприцепом:

- для входу в поворот

$$u_{\text{пр}} = 4,956\theta^2 - 1,622\theta + 0,248 \quad (9)$$

- для виходу з повороту

$$u_{\text{пр}} = -3,897\theta^2 + 4,325\theta + 0,146 \quad (10)$$

У рівняннях (1-10) прийняті такі позначення:

φ – кут складання кінематично незалежних ланок автопоїзда;

$M_k = f(\varphi_k, \dot{\varphi}_k)$ – момент опору повороту ланок автопоїзда;

m, m_1, m_2 – відповідно маса автомобіля-тягача, напівпричепа і його керованої осі;

X_1, Y_1 – відповідно поздовжні і поперечні сили на колесах керованої осі автомобіля;

X_{1i}, Y_{1i} – відповідно поздовжні і поперечні сили на колесах некерованих осей автомобіля

($i=1,2$);

X_{2j}, Y_{2j} – відповідно поздовжні і поперечні сили на колесах возика напівпричепа ($j=1,2,3$);

I, I_1, I_2 – відповідно моменти інерції автомобіля-тягача, напівпричепа і його керованої осі;

V, U, ω – відповідно поздовжня, поперечна, кутова швидкість автомобіля-тягача;

$a = CA, b_{1i} = CB_{1i}$ ($i=1,2$), $c = CO_1$; $d_1 = O_1C_1, c_1 = C_1O_2, l_j = d_1 + c_1, c_2 = C_1O_3, l'_2 = d_1 + c_2; d_2 = O_3C_2,$

$b_{2j} = C_2B_{2j}$ ($j=1...3$), $l_2 = b_{21} + b_{23}$ – геометричні параметри автопоїзда (рис. 2).

Проінтегруємо вихідну систему рівнянь із залученням програмного забезпечення Maple 12 для автопоїзда у складі автомобіля-тягача Scania і напівпричепа Krone з такими параметрами:

$$a = 1,7 \text{ м}; b_{21} = 0,9; b_{22} = 1,8; b_{11} = 1,3 \text{ м}; c = 1,25 \text{ м}; b_b = 4,8 \text{ м}; d_4 = 1,41 \text{ м}; b_{31} = 2,10 \text{ м};$$

$$b_{32} = 3,4 \text{ м}; b_{33} = 4,70 \text{ м}; L = 8,2 \text{ м}; l = 1,3 \text{ м}; m = 17000 \text{ кг}; J = 65760 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; m_j = 20700 \text{ кг};$$

$$J_1=66468,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; m_2=300 \text{ кг}; J_2=876 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; k_{yoe_{1m}}=160000 \text{ Н/рад}; k_{yoe_{2,3m}}=220000 \text{ Н/рад};$$

$$k_{yoe_m}=240000 \text{ Н/рад}.$$

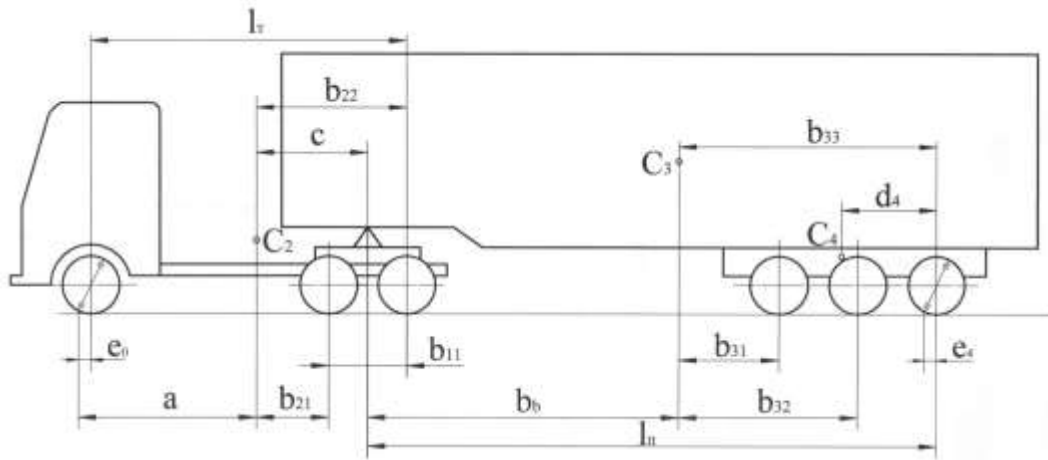


Рис. 2. Геометричні параметри автопоїзда

Початкові умови для інтегрування рівнянь руху автопоїзда: $K_{II}=0,05 \text{ м}^{-1}$; $v=5,0 \text{ м/с}$; $\theta_I=0$; $\theta_{23}=0$; $\varphi=0$; $u=0$; $\omega=0$; $\dot{\theta}_1=0$; $\dot{\theta}_{23}=0$; $\dot{\varphi}=0$; $\dot{u}=0$; $\dot{\omega}=0$.

На рис. 3 як приклад наведено траєкторії руху центрів мас ланок автопоїзда з керованим та некерованим напівприцепом при його повороті на 90° .

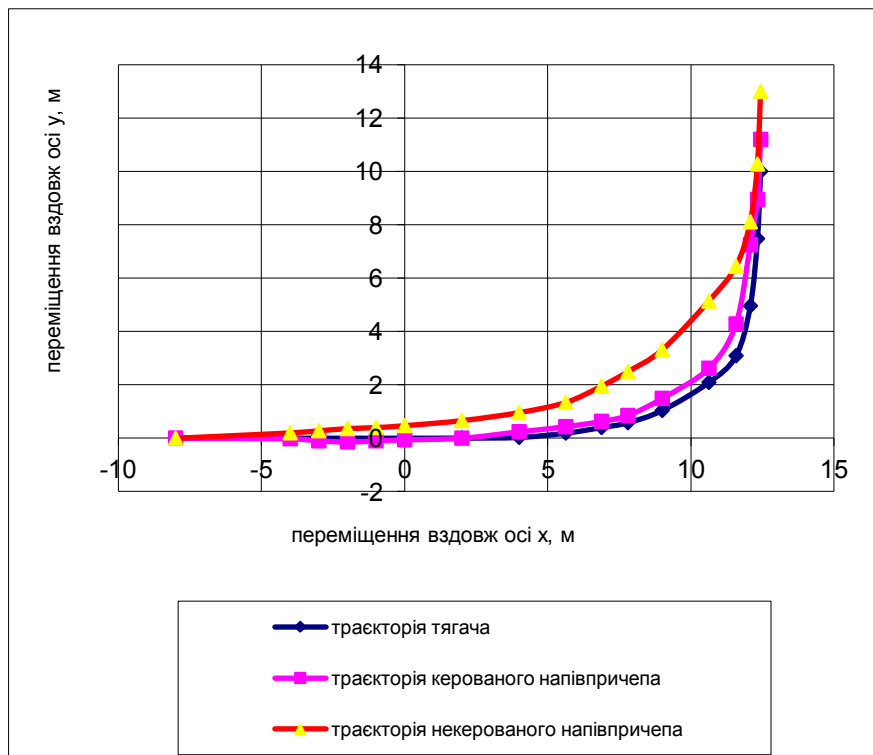


Рис. 3. Траєкторії руху центрів мас ланок автопоїзда з керованим та некерованим напівприцепом при його повороті на 90°

Окрім повороту на 90° виконувалися також такі маневри, як «переставка» і «змійка». На рис. 4, а показано зміну курсового кута автомобіля-тягача при русі «переставкою», а на рис. 4, б – «змійкою». Результати розрахунку зміщень траєкторії возика напівпричепа за розробленим приводом управління на задню вісь щодо траєкторії автомобіля-тягача представлені на рис. 5-6. Аналіз наведених траєкторій свідчить про те, що розроблений привод управління забезпечує з достатньою точністю відслідковування траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача. Максимальні відхилення в обох випадках не перевищували 0,08...0,10 м.

Показники маневреності автопоїзда з розробленим приводом управління порівнювалися з автопоїздом з некерованим напівприцепом та з автопоїздом за подвійного приводу управління на передню вісь напівпричепа (табл.).

Таблиця

Зміщення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача

Тип автопоїзда	Зміщення траєкторії напівпричепа, м	
	поворот на 90°	поворот на 180°
	вхід в поворот	
З керованим напівприцепом за подвійного приводу управління	0,047	0,053
З некерованим напівприцепом	1,654	1,687
З керованим напівприцепом за розробленим законом управління	0,021	0,027
вихід з повороту		
З керованим напівприцепом за подвійного приводу управління	0,056	0,059
З некерованим напівприцепом	1,762	1,811
З керованим напівприцепом за розробленим законом управління	0,027	0,031
рух по колу		
З керованим напівприцепом	0,062	
З керованим напівприцепом за подвійного приводу управління	1,847	
З керованим напівприцепом за розробленим законом управління	0,039	

Результати розрахунків показали, що привід управління за розробленим законом управління, а також подвійний привід управління забезпечують прийнятну вписуваність автопоїзда в найбільше типових умовах руху - поворотах на 90° і 180° . Проте при коловому русі привід управління за розробленим законом управління забезпечує більш точне відслідковування траєкторії автомобіля-тягача возиком напівпричепа у порівнянні з подвійним приводом управління.

Висновки. Визначені показники маневреності сідельного автопоїзда загальною довжиною 17,5 м з керованим напівприцепом за розробленого закону управління на його задню вісь. Показано, що розроблений привод управління забезпечує з достатньою точністю відслідковування

траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача. Максимальні відхилення при поворотах на 90° , 180° , русі «переставкою» і «змійкою» не перевищують 0,08...0,10 м.

Подальша робота буде присвячена визначенню показників стійкості сідельного автопоїзда з керованою віссю напівпричепа.

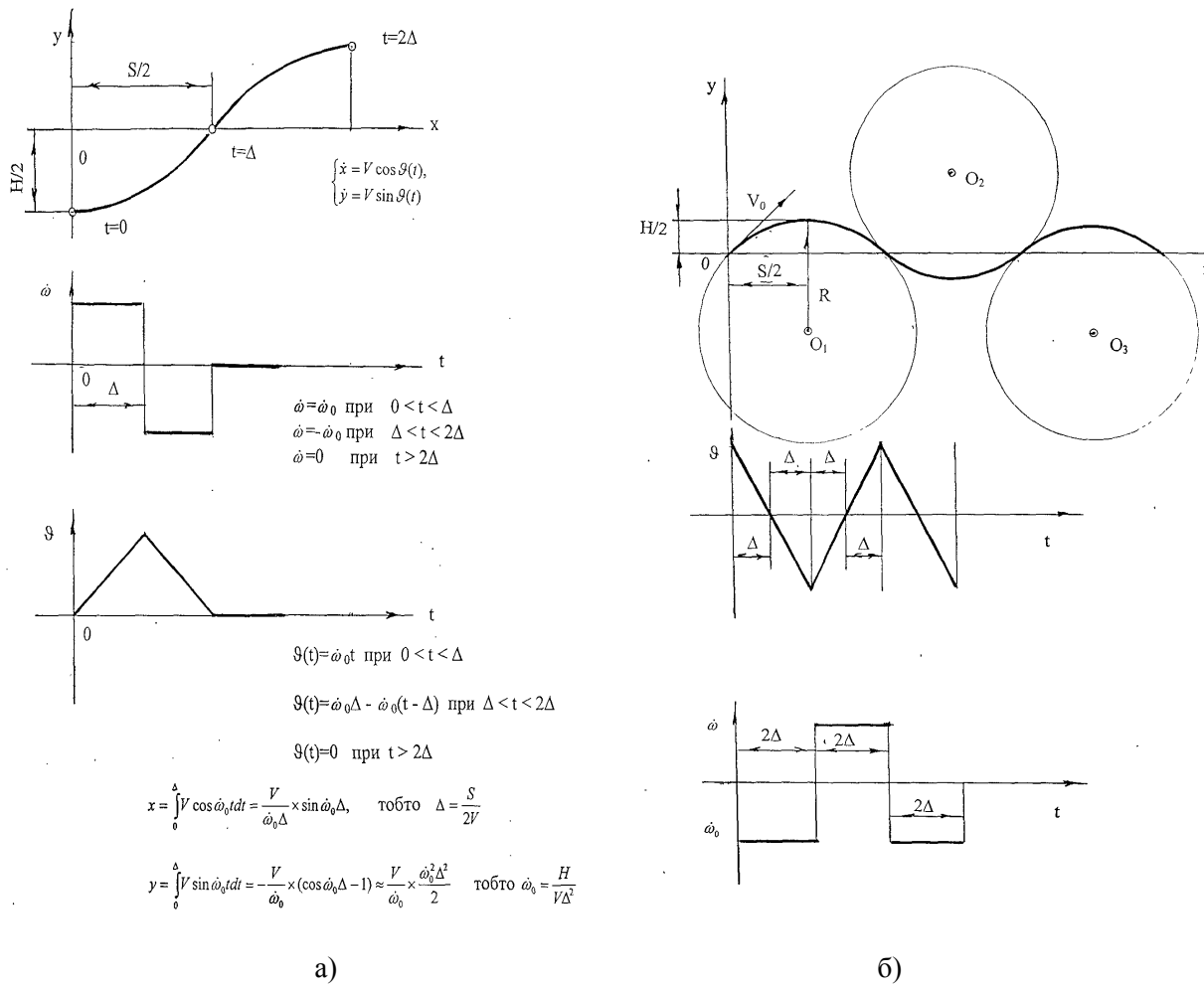


Рис. 4. Зміна параметрів руху при виконанні автопоїздом маневрів «переставка» (а) і «змійка» (б)

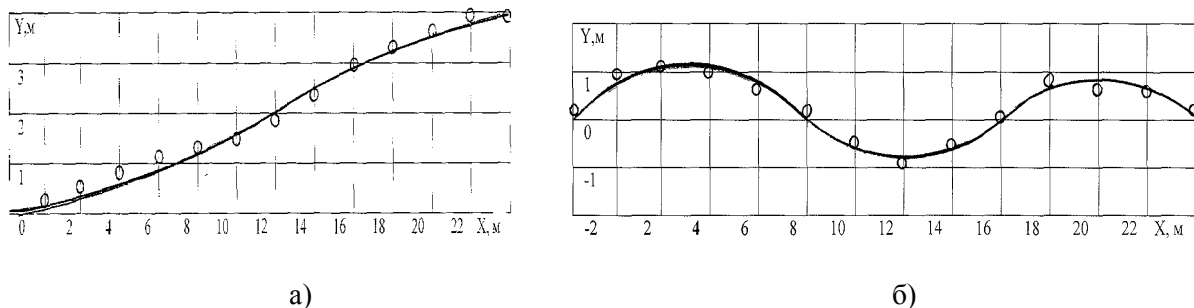


Рис. 5. Зміщення траєкторії возика напівпричепа (о) щодо траєкторії тягача при виконанні маневру «переставка» (а) і «змійка» (б)

1. Высоцкий М.С. Комплексная система управления модульным автопоездом / Высоцкий М.С., Руктешель О.С., Бармин В.А. // Автомобильная промышленность. – 1993. – №1. – С.12-13.
2. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities. – 2002. – No L67/47-49.
3. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Закин Я.Х. – М.: Транспорт, 1986. – 137 с.
4. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда / Закин Я.Х. – М.: Транспорт, 1967. – 255 с.
5. Ибрагимов Э.Н. О перебазировании башенных кранов / Ибрагимов Э.Н., Анисимов В.М., Абрамов А.М. и др. // Промышленный транспорт. – 1986. - №12. С. 9-10.
6. COUNCIL DIRECTIVE 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities. – 1996. – No L235/59-75.
7. Масові і габаритні параметри сучасних дорожніх транспортних засобів/ Редзюк А.М., Сахно В.П., Крестянполь О.А. // Автошляховик України. - 1999. -№1. - С.13-14.
8. Сахно В.П. Аналіз стійкості і маневреності сидельного автопоїзда з системою управління кутами складання його ланок / В.П.Сахно, В.Г.Вербицький, О.А.Енглезі, В.М.Сондак // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ЦНЦ ТAU. –2006. Окремий випуск №9. - С.85-89
9. Сахно В.П. До розробки алгоритму управління напівприцепом сидельного автопоїзда / В.П.Сахно, В.М.Босенко, П.О.Гуменюк // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2013. – Випуск 26. – С. 85-93
10. Сахно В.П. Приводи керування сучасних автопоїздів / В.П.Сахно, Н.Г.Куць, О.М.Тімков// Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТAU.– 2002. – № 5. – С. 78-79.
- 11.Трехзвенные автопоезда / [Фаробин Я.Е, Якобашвили А.М., Иванов А.М. и др.]; под общ. ред. Я.Е. Фаробина. – М.: Машиностроение, 1993. –224 с.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014

УДК 656.11

Д.Ю.Сидоров
Національний університет «Львівська політехніка»
ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА ДІЛЯНКАХ ВУЛИЧНО-
ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЇЇ ЗМІНИ

У роботі наведено результати дослідження інтенсивності руху, проведених натурним методом, застосовуючи вибірковий облік руху для декількох років, на основі чого, використовуючи методи прогнозування, визначено загальні тенденції її зміни в умовах міського руху.

Ключові слова: інтенсивність руху, транспортний потік, вулично-дорожня мережа, рівень автомобілізації, пропускна здатність.

Рис 3. Табл 2. Літ 12

Д.Ю.Сыдоров
ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ УЛИЧНО-
ДОРОЖНОЙ СЕТИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ

В работе приведены результаты исследования интенсивности движения, проведенных натурным методом, применяя выборочный учет движения для нескольких лет, на основе чего, используя методы прогнозирования, определены общие тенденции ее изменения в условиях городского движения.

Ключевые слова: интенсивность движения, транспортный поток, улично-дорожная сеть, уровень автомобилизации, пропускная способность.

D.Sydorov
TRAFFIC INTENSITY ON THE ROAD NETWORK LINKS AND IT'S CHANGING
FORECASTING

In the paper is shown the research results of traffic intensity, measured by full-scale method with using random choice for some years. Having the historical figures was forecasted the traffic intensity and defined common trends of its changing in city traffic conditions. Trends allow forecasting the time period, in which the road network without redesigning will service the traffic with proper comfort level

Key words: traffic intensity, traffic flow, road network, level of car ownership, road capacity

Постановка проблеми

Сьогодні автомобільний рух перебуває на етапі росту у всьому світі, особливо в країнах, які розвиваються. У поєднанні з масовою інфраструктурою та хаотичним розвитком, це завдає шкоди здоров'ю людини та підвищує рівень небезпеки на дорогах. У містах швидкість транспорту падає з кожним роком, а у деяких з них, вона нижча за швидкість руху пішохода. У результаті заторів виникають тривалі затримки, непередбачені витрати часу на поїздки та високий рівень забруднення [1–3,8].

Все це спричинене зростанням рівня автомобілізації, що веде до збільшення інтенсивностей руху транспортних потоків та зміни залежностей між основними показниками у них. Особливо це відчутно на території великих, значних та найзначніших міст, зокрема у зонах, де забудова уже склалася і резервів для збільшення пропускної здатності немає.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для сучасних міст рівень автомобілізації – 170 – 180 автомобілів на 1000 мешканців є оптимальним, виходячи з показників ступеня насичення руху, величини швидкості транспортних потоків, рівня завантаження та умов забруднення повітря. Розрахунковим для міст України є рівень автомобілізації 200 – 250 автомобілів на 1000 мешканців [6,8,9]. Проте, більшість міст відчувають значні проблеми транспорту за рівня автомобілізації, меншого від оптимального (Львів, Чернівці, Ужгород тощо), що пов'язано із їх історичною забудовою та одночасним накладанням ділового, культурного та житлового районів у центральній зоні, де є найбільша щільність вулично-дорожньої мережі з малою пропускною здатністю.

У той час, коли спостерігається постійне зростання інтенсивності транспортного потоку, пропускна здатність транспортних мереж практично не змінюється, а у багатьох випадках навіть зменшується, якщо врахувати процеси її руйнування з часом, збільшення частки територій вулиць та доріг, визначених для паркування тощо. За результатами настання таких явищ можна однозначно стверджувати про зростання рівня завантаження вулично-дорожньої мережі, при чому, не лише у центральних частинах міст, але й у периферійних районах [10–12]. Особливо гостро ця проблема відчувається у містах з радіальною планувальною схемою вулично-дорожньої мережі, де

основні магістральні вулиці сходяться у центрі, спричиняючи взаємодію між собою транспортних потоків найбільшої інтенсивності [4,7]. Сприяє погіршенню ситуації велика розрізненість транспортного потоку за складом, особливо на тій частині мережі, де велика частка наземного громадського транспорту (автобуси, тролейбуси, а у деяких містах і трамваї, які здійснюють рух у загальній структурі потоку), що рухається з низькими технічними швидкостями, здійснює посадку та висадку пасажирів на необлаштованих зупинних пунктах.

Як відомо, інтенсивність є одним із первинних показників, які характеризують умови руху потоків і визначається кількістю транспортних засобів, які пройшли поперечний переріз вулиці або дороги за одиницю часу [2,4,7,8]. Однією з її особливостей є те, що вона змінна у часі і ця зміна має стохастичний характер, тобто досліджені значення інтенсивності можуть суттєво відрізнятися протягом окремих годин доби (розрізняють періоди найбільш інтенсивного руху, які характеризуються піковим та між піковим навантаженням та періоди, коли рух на вулично-дорожній мережі практично відсутній), днів тижня, місяців року тощо. До того ж, значення величини інтенсивності для одних і тих же періодів за результатами досліджень можуть бути суттєво різними, а також транспортні потоки приблизно рівні за інтенсивністю, швидкістю та щільністю мають особливість відрізнятися за станом (вільний, частково зв'язаний та зв'язаний), який багато в чому обумовлений умовами руху [4,7,8].

Виходячи з цього, можна сказати, що транспортний потік – випадковий процес, а його характеристики є випадковими величинами і неперервно змінюються. Управління випадковими процесами є досить складне і потребує постійних досліджень, застосування математичного апарату та технічного забезпечення, тому випадкові за своєю природою характеристики транспортного потоку, часто розглядають як не випадкові (детерміновані) [8]. Такий підхід методологічно є доступним і дозволяє задовільно керувати дорожнім рухом.

Невирішені раніше частини загальної проблеми

Більшість закономірностей зміни інтенсивності руху та методів її прогнозування стосуються періодів, коли практично весь транспортний потік мав відомчу приналежність, здійснюючи рух заздалегідь укладеними маршрутами, тому прогнозувати багато чинників, які впливають на характеристики руху потоку було порівняно легше. Проте, з часом, така тенденція змінилася і визначення об'ємів руху потребує застосування великих за обсягом досліджень, які є надзвичайно трудомісткими, але їх проведення системно та повсюдно дасть можливість аналізувати та прогнозувати ефективність роботи проїзних частин, особливо на території великих та найбільших міст, де така проблема постала особливо гостро.

Мета дослідження

Наявність матеріалів з детальними результатами досліджень допоможе вивчити загальні тенденції та удосконалити залежності основних показників у транспортних потоках і дасть можливість правильного прогнозу щодо розвитку вулично-дорожньої мережі населених пунктів та якісної адаптації систем управління дорожнім рухом на них.

Основні результати досліджень

Зосередимо свою увагу на методології дослідження інтенсивності транспортних потоків, взявши для прикладу магістральну вулично-дорожню мережу міста Львова. Відповідно до неї, ці дослідження проведено у вівторок, середу і четвер протягом таких місяців: березня, квітня, травня, червня, вересня і жовтня у 2010 – 2013 роках на вулиці Городоцька, яка є магістраллю регульованого руху загальноміського значення. Заміри відбувались протягом 14 годин методом натурних досліджень способом неперервного обліку, у період між 7 та 21 годинами. Отримані значення інтенсивностей у зазначений час і дні наближаються до значення річної середньої величини денної інтенсивності. Пікові інтенсивності автомобільного транспорту визначено шляхом дво- та чотиригодинного дослідження вранці та у другій половині дня (відповідно між 7 – 11 годинами та 15 – 19 годинами). Результати цих досліджень наведено на рисунку 1.

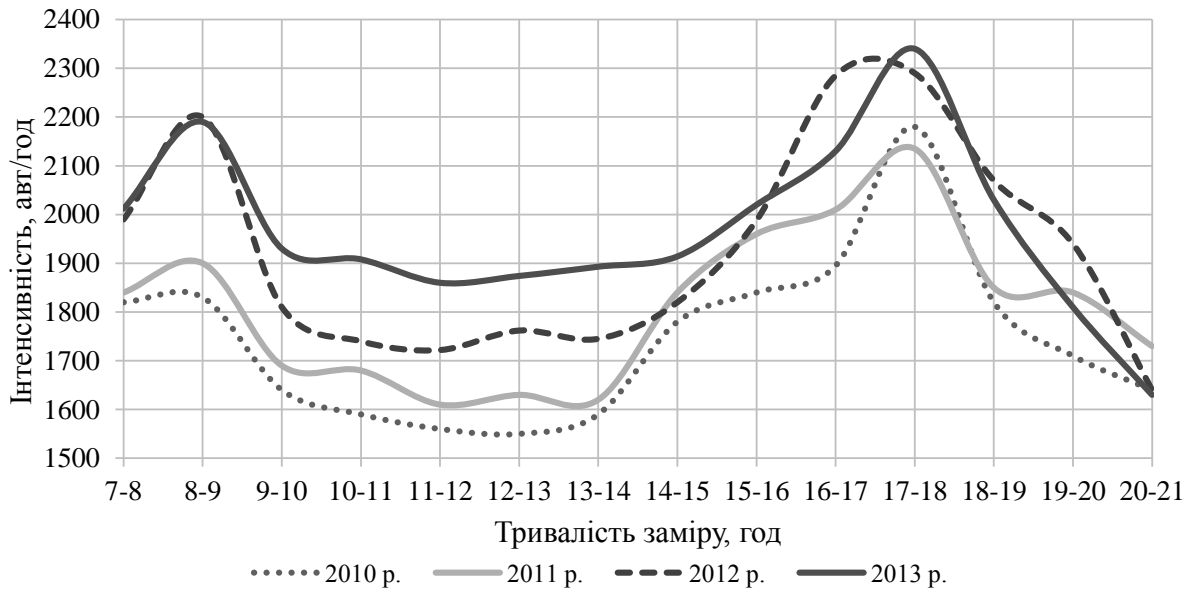


Рис. 1. Результати досліджень інтенсивності руху на ділянці вулиці Городоцька

Визначимо зв'язок між інтенсивностями в години вечірнього пікового періоду за досліджуваними роками шляхом побудови матриці нормованої кореляційної функції [5,7].

Математичне сподівання випадкового процесу $X(t)$ називається не випадкова функція $\tilde{M}_N(t)$, значення якої за кожного значення аргументу t рівне математичному очікуванню відповідного випадкового процесу, тобто:

$$\tilde{M}_N(t_k) = \frac{\sum_{i=1}^n N_i(t_k)}{n}, \quad (1)$$

де n - кількість реалізацій випадкового процесу (кількість років, протягом яких проводяться дослідження);

t_k - дискретні моменти часу, $k = 1, 2, \dots, m$;

m - кількість годин, що беруться до уваги.

На практиці під час визначення значень дисперсії і кореляційного моменту початок відліку рекомендується переносити по осі ординат найближче до математичного очікування, а розрахунок проводити за формулами:

$$\tilde{D}_N(t_k) = \left[\sum_{i=1}^n \frac{N_i(t_k)^2}{n-1} - [\tilde{M}_N(t_k)]^2 \right] \frac{n}{n-1}, \quad (2)$$

$$\tilde{K}_N(t_k, t_l) = \left[\sum_{i=1}^n \frac{N_i(t_k)N_i(t_l)}{n} - \tilde{M}_N(t_k)\tilde{M}_N(t_l) \right] \frac{n}{n-1}. \quad (3)$$

За необхідності можна визначити оцінку для нормованої кореляційної функції:

$$\tilde{\rho}_N(t_k, t_l) = \frac{\sum_{i=1}^n [N_i(t_k) - \tilde{M}_N(t_k)][N_i(t_l) - \tilde{M}_N(t_l)]}{\sum_{i=1}^n [N_i(t_k) - \tilde{M}_N(t_k)]^2}. \quad (4)$$

Функція $\tilde{\rho}_N(t_k, t_l)$ аналогічна кореляційному моменту і визначає ступінь зв'язку між елементами n рядів та m стовпців. Ця функція також характеризує випадковий процес, оскільки для кожної пари дискретних значень аргументів $\tilde{\rho}_N(t_k, t_l)$ вона рівна коефіцієнту кореляції $|\tilde{\rho}_N(t_k, t_l)| \leq 1$.

Відповідно, головна діагональ матриці нормованої кореляційної функції становить значення 1 і за аналогією з кореляційним моментом матриця симетрична відносно цієї діагоналі. Матриця має такий вигляд:

$$\tilde{P}_N(t_k, t_l) = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{p}_N(t_1, t_2) & \dots & \dots & \tilde{p}_N(t_1, t_m) \\ & 1 & \tilde{p}_N(t_2, t_3) & \dots & \tilde{p}_N(t_2, t_m) \\ & & 1 & \dots & \tilde{p}_N(t_3, t_m) \\ & & & 1 & \tilde{p}_N(t_{m-1}, t_m) \\ & & & & 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Під час дослідження транспортного потоку отриманні середні годинні значення інтенсивностей протягом доби на ділянці вулиці Городоцька у 2010 – 2013 роках. Їх величина така: у 2010 р. – 25730 авт./добу; у 2011 р. – 26950 авт./добу; у 2012 р. – 28469 авт./добу; у 2013 р. – 29686 авт./добу.

Проаналізувавши рисунок 1, встановлено, що найбільш завантажений період часу – це проміжки між 15 – 16 год., 16 – 17 год., 17 – 18 год., 18 – 19 год. Знайдемо відносні значення інтенсивностей руху для цих періодів доби та запишемо у вигляді таблиці 1.

Відносну інтенсивність руху ТЗ знаходимо за формулою:

$$N(t) = \frac{N_t}{N_{доб}}, \quad (6)$$

де N_t - інтенсивність транспортного потоку за годину (t_i), авт./год.; $N_{доб}$ - інтенсивність транспортного потоку, авт./добу.

Таблиця 1

Відносні значення інтенсивностей транспортного потоку у найбільш завантажені години доби протягом 2010 – 2013 років

Рік	Години доби			
	15 – 16 год.	16 – 17 год.	17 – 18 год.	18 – 19 год.
2010	0,071	0,074	0,085	0,071
2011	0,077	0,079	0,083	0,072
2012	0,077	0,089	0,089	0,080
2013	0,078	0,082	0,090	0,078

Дані для кожного року можна розглядати як реалізацію неперервного випадкового процесу з дискретним часом. Використовуючи формули (1) та (2), визначимо їх ймовірнісні характеристики.

Визначені результати $\tilde{M}_N(t)$ та $\tilde{D}_N(t)$ зводимо в таблицю 2.

Таблиця 2

Результати ймовірнісних характеристик відносних значень інтенсивностей

Характеристики випадкового процесу	Найбільш завантажені години доби			
	15 – 16 год.	16 – 17 год.	17 – 18 год.	18 – 19 год.
$\tilde{M}_N(t)$	0,076	0,081	0,087	0,075
$\tilde{D}_N(t)$	0,0000084	0,0000395	0,0000105	0,00002106

Використовуючи отримані значення $\tilde{M}_N(t)$, розрахуємо кореляційний момент для різних пар значень аргументу $(t_{15}, t_{16}), (t_{16}, t_{17}), (t_{16}, t_{18}), \dots, (t_{19}, t_{19})$ відповідно до формули (3).

Отримані результати для кореляційного моменту зведемо у матрицю, відповідно до формули (5):

$$\tilde{K}_N(t_k, t_l) = \begin{bmatrix} \tilde{K}_N(t_{15-16}, t_{15-16}) & \tilde{K}_N(t_{15-16}, t_{16-17}) & \tilde{K}_N(t_{15-16}, t_{17-18}) & \tilde{K}_N(t_{15-16}, t_{18-19}) \\ \tilde{K}_N(t_{16-17}, t_{15-16}) & \tilde{K}_N(t_{16-17}, t_{16-17}) & \tilde{K}_N(t_{16-17}, t_{17-18}) & \tilde{K}_N(t_{16-17}, t_{18-19}) \\ \tilde{K}_N(t_{17-18}, t_{15-16}) & \tilde{K}_N(t_{17-18}, t_{16-17}) & \tilde{K}_N(t_{17-18}, t_{17-18}) & \tilde{K}_N(t_{17-18}, t_{18-19}) \\ \tilde{K}_N(t_{18-19}, t_{15-16}) & \tilde{K}_N(t_{18-19}, t_{16-17}) & \tilde{K}_N(t_{18-19}, t_{17-18}) & \tilde{K}_N(t_{18-19}, t_{18-19}) \end{bmatrix},$$

$$\tilde{K}_N(t_k, t_l) = \begin{bmatrix} 0.0000084 & 0.0000139 & 0.0000053 & 0.0000099 \\ 0.0000139 & 0.0000395 & 0.0000141 & 0.0000273 \\ 0.0000053 & 0.0000141 & 0.0000105 & 0.0000132 \\ 0.0000099 & 0.0000273 & 0.0000132 & 0.0000211 \end{bmatrix}$$

Поділимо кожен елемент матриці на добуток коренів чисел головної діагоналі, що належать цьому ряду і стовпцю. Кінцевий результат матриці нормованої кореляційної функції запишеться так:

$$\tilde{K}_x(t_k, t_l) = \begin{bmatrix} 1 & 0.76 & 0.57 & 0.75 \\ 0.46 & 1 & 0.70 & 0.95 \\ 0.57 & 0.70 & 1 & 0.89 \\ 0.75 & 0.95 & 0.89 & 1 \end{bmatrix}$$

Із цієї матриці побудуємо графік залежності коефіцієнта кореляції від годин доби (рис. 2).

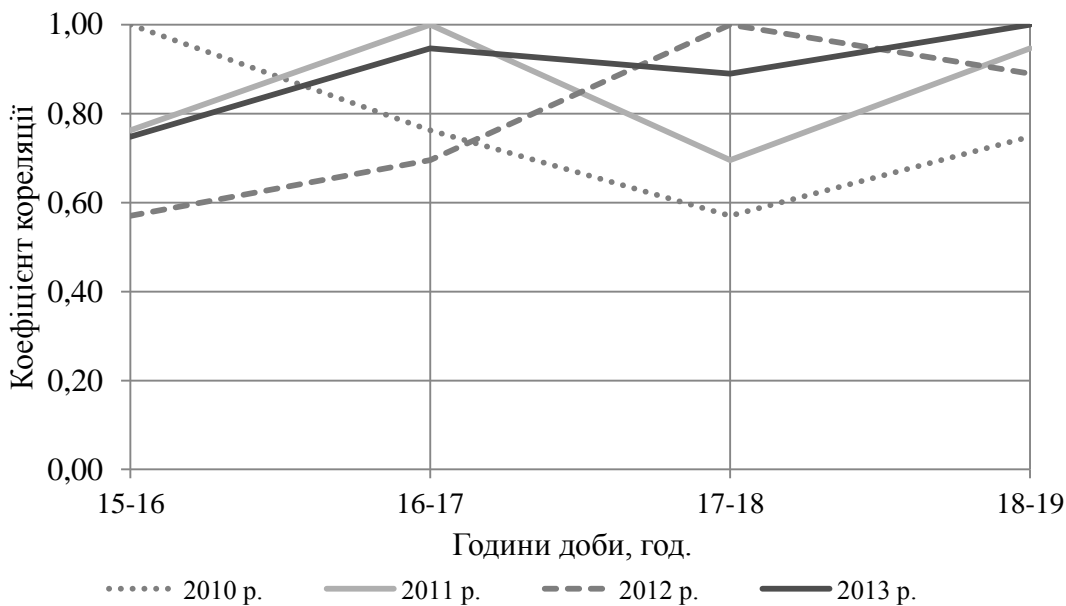


Рис. 2. Графік коефіцієнта кореляції інтенсивності транспортного потоку для пікового періоду у різні роки

Знання даних попередніх та сучасного стану є недостатнім, тому необхідні знання про динаміку росту інтенсивності для майбутніх періодів, щоб знати перспективні вимоги до вулично-дорожньої мережі з метою забезпечення її оптимальної роботи. Такі відомості можна здобути шляхом прогнозування.

Найбільш перспективним методом прогнозування інтенсивності руху є метод за формулою складних відсотків [5,7,8]:

$$N_n = N_0 \cdot (1 + \beta)^n, \quad (7)$$

де N_n - величина перспективної інтенсивності руху в n -му році;

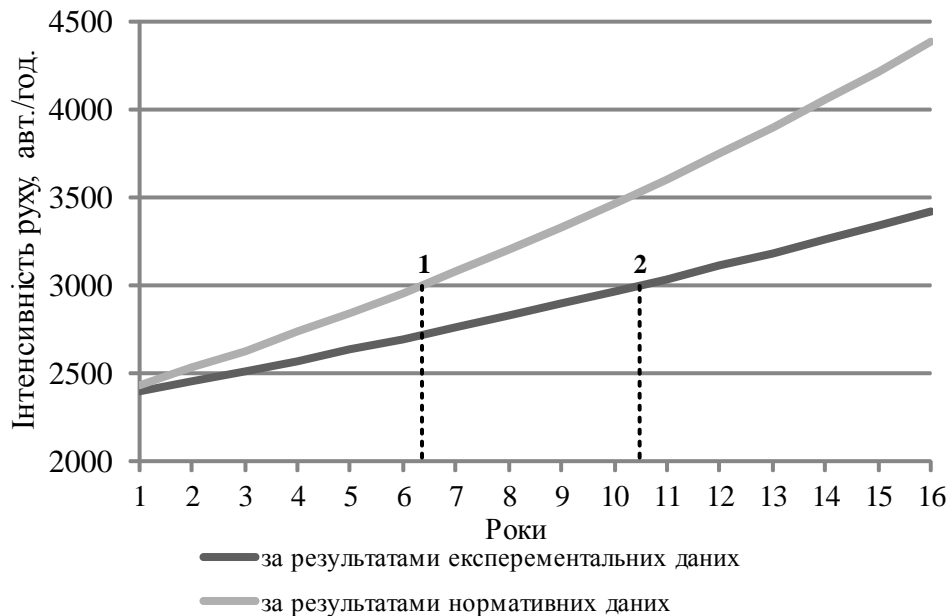
N_0 - величина інтенсивності руху у вихідному році;

β - коефіцієнт щорічного приросту інтенсивності руху;

n - розрахунковий рік ($n=1, 2, \dots, n$).

Для ділянки вулиці Городоцька, розрахункова теоретична пропускна здатність якої складає 3000 од./год., проведемо розрахунок періоду, протягом якого інтенсивність руху у піковий період, зберігаючи існуючі темпи зростання, досягне рівня пропускної здатності, використовуючи формулу (7). Відповідно до аналізу інтенсивності руху на цій ділянці коефіцієнт щорічного її приросту складає 2,4%, а нормативно прийнятий для міст України складає 3–5% (приймаємо

нормативно закладений для Львова згідно генплану – 4%). Результати розрахунку експериментального та нормативного прогнозу наведемо у вигляді рисунка 3.



**Рис. 3. Результати прогнозування рівня інтенсивності руху:
1, 2 – досягнення величини інтенсивності рівня пропускної здатності на магістральній вулиці на основі прогнозування за нормативними та експериментальними даними**

Висновки

Правильний вибір методології досліджень інтенсивності руху для будь-яких ділянок вулично-дорожньої мережі дає можливість з високою ймовірністю визначити її значення для різних періодів, а також тенденції зміни. Використання сучасних методів прогнозування, які застосовуються у транспортних системах, дає можливість вивчити тенденції зміни рівня завантаження проїзних частин і розрахувати період, коли результати їх роботи будуть неефективними, тобто затримки руху, показники аварійності та інші оптимальні та раціональні критерії вказуватимуть на неможливість досягти результатів організаційними методами не лише в межах перехресть, але і на ділянках вулиць між ними.

1. Banister D. Transport planning / D. Banister. – London : Spon Press, 2002. – 317 p.
2. Moughtin C. Urban design: street and square / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p.
3. Hall P. Urban and regional planning / P. Hall. – London and New York : Routledge, 2002. – 237 p.
4. Врубель Ю. А. Потери в дорожньому русі / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
5. Доля В.К. Прогнозування параметрів транспортних систем. / В.К. Доля, Я.В. Санько, Т.О. Самісько. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 312 с.
6. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04-19]. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с. – (Національний стандарт України).
7. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
8. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
9. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5-2001. – [Чинний від 2001-10-01]. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 50 с. – (Національний стандарт України).
10. Ройко Ю. Я. Щодо визначення оптимальної довжини ділянки вулично-дорожньої мережі міста / Ю. Я. Ройко // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2012. – № 5/1 (7) / Матеріали міжнародної наукової конференції «Наукова періодика слов'янських країн у умовах глобалізації». – Ч.1. – К., 2012. – С. 43 – 44.
11. Ройко Ю. Я. Щодо визначення пропускної здатності елементів міської магістралі / Ю. Я. Ройко, М. Ю. Євчук // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – Вип. 5(194) Ч.1. – С.161 – 164.
12. Санько Я. В. Дослідження закономірностей формування структури вулично-дорожньої мережі / Я. В. Санько, Ю. Я. Ройко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – Вип. 4/1(12). – С. 40 – 42.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014

УДК 658.631.3

О.В.Сидорчук, І.С.Мурованій, Я.В.Гріцаєв, Л.Л.Сидорчук
Національний науковий центр «Інститут механізації
та електрифікації сільського господарства»
Луцький національний технічний університет
Львівський національний аграрний університет
СИСТЕМНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ КОНФІГУРАЦІЄЮ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ
АГРЕГАТІВ У ПРОЕКТАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Розглянуто системний підхід до управління конфігурацією МТА у проектах сільськогосподарського виробництва. Розкрито часові вимоги цих проектів їх життєвого циклу. Означено стохастичний характер агрометеорологічних умов проектів рільництва, а також методи та моделі управління конфігурацією їх МТА.

Ключові слова: машинно-тракторні агрегати, управління, конфігурація, проекти, рільництво.

СИСТЕМНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ МАШИННО-
ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ В ПРОЕКТАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрен системный подход к управлению конфигурацией МТА в проектах сельскохозяйственного производства. Раскрыты временные требования этих проектов их жизненного цикла. Определены стохастический характер агрометеорологических условий проектов полеводства, а также методы и модели управления конфигурацией их МТА.

Ключевые слова: машинно-тракторные агрегаты, управления, конфигурация, проекты, полеводство.

SYSTEM CONFIGURATION MANAGEMENT PRINCIPLES OF MACHINE AND
TRACTOR UNITS IN PROJECTS OF AGRICULTURAL PRODUCTION.

A systematic approach to configuration management MTU projects in agricultural production. Reveals temporal requirement of the projects life cycle. Determined basic stochastic nature of agrometeorological conditions Farming Project, as well as methods and models for configuration management of MTU. Consideration of draft agricultural production on the basis of a systematic approach made it possible to define the characteristic components and their mapping information that defines a common methodology for configuration management machine and tractor units. Disclosure Project Features agricultural production made possible the establishment of the presence of time limits on the duration of their life cycles, underlying configuration management machine and tractor units. Stochastic nature of agrometeorological conditions of agricultural production projects determines the need to use statistical methods to manage their configuration and simulation models predict values.

Keywords: machine and tractor units, administration, configuration, projects and agriculture.

Постановка проблеми. Механізовані сільськогосподарські проекти виконуються за допомогою машинно-тракторних агрегатів (МТА), які складаються з енергетичних засобів (тракторів) та сільськогосподарських машин. Цінність таких проектів значною мірою визначається якістю управління конфігурацією МТА. Неякісне (помилкове) управління зумовлює зниження цінності цих проектів, що є причиною низької конкурентоздатності сільськогосподарської продукції. Забезпечення якісного управління МТА у відповідних проектах є науково-прикладною проблемою.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Процес управління конфігурацією є регламентованим на міжнародному рівні [1, 2, 3]. Однак, цей стандарт регламентує лише загальні (концептуальні) засади управління. Щодо використання його у прикладних сферах, то він потребує деталізації та вирішення різних наукових питань адаптування його до об'єктів управління. Відомі наукові праці з питань управління конфігурацією проектів у галузі сільськогосподарського виробництва стосуються лише проектів збирання ранніх зернових культур [4, 5]. І хоча отримані в них результати є важливими для управління конфігурацією інших проектів рільництва, використання їх повною мірою для цієї мети неможливе через специфіку відповідних проектів.

Мета досліджень полягає у створенні системних засад управління конфігурацією МТА у проектах сільськогосподарського виробництва.

Викладення матеріалів. Системний підхід до дослідження будь-яких сфер людської діяльності полягає у тому, щоб розкрити цю сферу, як систему, що характеризується зовнішніми впливами (X), параметрами (Z) цієї системи та показниками її функціонування (Y). у цьому разі кількісні показники X , Z і Y є відображенням повних проектів, які є невід'ємними (характерними) складовими системи. Зазвичай між характерними складовими існують системні причинно-наслідкові зв'язки, зокрема:

$$Y = f(X, Z, T), \quad (1)$$

де T – час функціонування системи.

З позиції управління проектами цю залежність можна трактувати таким чином – показники цінності проекту (Y) залежать від характеристик (X) об'єкта управління, параметрів (Z) системи, що забезпечує реалізацію цього проекту, а також часу (T) його здійснення. Саме таке розуміння системного підходу будемо використовувати у нашому дослідженні.

Щоб розкрити систему залежності (1) слід обґрунтувати відповідні науково-методичні засади, які також належать до системних. Розкриття у явному вигляді системної залежності (1) потрібне для того, щоб прогнозувати зміну цінності (Y) залежно від того, які значення матимуть керовані складові (Z та T). Характеристики (X) є частково керованими. Зокрема, вони змінюватимуться за умови зміни об'єктів та структури посівних площ, що належить до стратегічного управління. За незмінності цих стратегічних характеристик їх поточні значення є некерованими. Для забезпечення їх змін власне і виконуються відповідні проекти.

Аналізуючи більш детально характеристики (X) у системах рільництва, бачимо, що вони першою чергою відображають обсяги та стан рільничих предметів праці – насіння, агрофону полів та вирощеного врожаю. Показники цінності (Y) відображають якість та обсяги своєчасно і несвоечасно виконаних механізованих операцій. Параметри (Z) відображають ніщо інше як структуру МТА, що використовуються у проектах рільництва. Ця структура називається конфігурацією МТА у відповідних проектах.

З огляду на сезонність рільництва, його проекти повинні виконуватися у задані терміни. Якщо розглядати виконання певної ρ -ї механізованої операції на заданому γ -у полі, як проект рільництва, то він може бути виконаним своєчасно або ж несвоечасно. Своєчасне виконання рільничого проекту це таке його виконання, що забезпечує умову:

$$t_{np}^{\rho\gamma} \leq [t_a^{\rho}], \quad (2)$$

де $t_{np}^{\rho\gamma}, [t_a^{\rho}]$ - відповідно реальний та агротехнічно допустимий (оптимальний) час виконання ρ -о проекту (механізованої операції) на γ -у полі.

За недотримання цієї умови своєчасність виконання проекту не забезпечується. У цьому разі може частина проекту бути виконаною своєчасно, а інша частина – несвоечасно:

$$t_{np}^{\rho\gamma} = t_{прс}^{\rho\gamma} + t_{прн}^{\rho\gamma}, \quad (3)$$

де $t_{прс}^{\rho\gamma}, t_{прн}^{\rho\gamma}$ - відповідно тривалість своєчасно та несвоечасно виконаних частин проекту, діб.

Кожній із цих тривалостей відповідає певний обсяг виконаних у проекті робіт. Він зазвичай вимірюється у гектарах. А тому, оцінюючи показники цінності проектів, завжди враховуються дві складові обсягу виконання робіт: $S_{\rho\gamma}^c$ – своєчасно оброблена (підготовлена, зорана, засіяна, зібрана) площа; $S_{\rho\gamma}^h$ – площа оброблена несвоечасно. Сьогодні аграрною наукою доведено, що на своєчасно обробленій площі досягається максимальна урожайність. На площі обробленій несвоечасно відбуваються втрати (зменшується) урожайність. Це зменшення відображається відповідним коефіцієнтом K_{ρ}^h . А тому обсяг втраченого врожаю через несвоечасність виконання ρ -о рільничого проекту виражається формулою:

$$Q_B = U_{\rho} \cdot S_{\rho}^h \cdot K_{\rho}^h, \quad (4)$$

де U_{ρ} – прогнозована урожайність тієї чи іншої культури, ц./га.

Отже, проекти рільництва мають таку особливість, що їх життєвий цикл обмежений як часом початку їх запуску, так і часом завершення. Вона лежить в основі управління конфігурацією МТА.

Важливою системною підставою управління конфігурацією МТА у проектах рільництва є взаємозв'язки між об'єктами конфігурації та конфігураційними базами. Щоб їх проаналізувати розглядатимемо системи-продукти, які створюються для реалізації відповідних проектів. Аналіз цих систем дає змогу стверджувати, що вони належать до технологічних. З огляду на технологічну обмеженість їх життєвих циклів, конфігурація таких проектів має обґрунтуватися з урахуванням цієї обставини. Зокрема, у цьому разі неможливо обійтися без такої управлінської операції, як узгодження параметрів об'єктів конфігурації із характеристиками проектного середовища. Для здійснення цієї операції розробляються відповідні методи і моделі. Вони враховують особливості

перебігу рільничих проектів, зокрема, стохастичний характер, який зумовлюється нестабільністю агрометеорологічних умов.

Особливі властивості проектів сільськогосподарського виробництва визначають їх вимоги до методів і моделей управління конфігурацією. Зокрема, методи визначення конфігураційних баз мають бути статистичними, а моделі – імітаційними. Статистичні методи досліджень дають змогу врахувати стохастичний характер агрометеорологічних умов, а імітаційні моделі – вплив цих умов на конфігурацію МТА.

Висновки: 1. Розгляд проектів сільськогосподарського виробництва на основі системного підходу дав змогу означити характерні складові та інформаційне їх відображення, що визначає загальну методологію управління конфігурацією машинно-тракторних агрегатів. 2. Розкриття особливостей проектів сільськогосподарського виробництва уможливило встановлення наявності часових обмежень щодо тривалості їх життєвих циклів, які лежать в основі управління конфігурацією машинно-тракторних агрегатів. 3. Стохастичний характер агрометеорологічних умов проектів сільськогосподарського виробництва зумовлює потребу використання статистичних методів управління їх конфігурацією та імітаційних моделей прогнозування цінності.

1. ISO 10007. Quality management. Guidelines for configuration management. - International Organization for Standardization. – 1995. – 14 p.
2. Practice Standard for Project Configuration Management ©2007 Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newton Square, PA 19073-3299 USA, 53 p.
3. Морозов, В.В. Влияние процессов управления конфигурацией в проектах на структуру их терминологической системы / Морозов В.В., Рудницкий СИ. // Управление проектами та розвиток виробництва : зб. наук. пр. Східноукр. держ. ун-т. - Луганськ, 2012, № 3 (43). – С. 28-38.
4. Сидорчук О. Інженерія машинних систем : монографія / О. Сидорчук. – К. : ННЦ „ІМЕСГ” УААН, 2007. – 263 с
5. Сидорчук Л.Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур: Автореф. дис. к.т.н.: 05.13.12/ - Львів, 2008. – 18с.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2014

УДК 658.51

О.В.Сидорчук, С.Г.Жуль, Л.Л.Сидорчук, М.А.Демидюк, О.М.Сіваковська
Національний науковий центр «Інститут механізації
та електрифікації сільського господарства»
Львівський національний аграрний університет
Луцький національний технічний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІНСЬКО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РІЛЬНИЦТВА

Розкрито системний підхід до створення концептуальної моделі УІС рільництва. Розроблено науково-методичні засади створення концептуальної моделі УІС. Розроблено концептуальну модель УІС.

Ключові слова: управління, інформація, система, модель, рільництво.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНЧЕСКО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Раскрыто системный подход к созданию концептуальной модели УИС земледелия. Разработаны научно-методические основы создания концептуальной модели УИС. Разработана концептуальная модель УИС.

Ключевые слова: управление, информация, система, модель, полеводство.

CONCEPTUAL MODEL OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT AND FIELD CROP

Reveals a systematic approach to creating conceptual model MIS field crop . The scientific and methodological basis for the creation of a conceptual model of MIS . The conceptual model of MIS . Models take account of Farming MIS system properties , which are formed on the basis of content management tasks solved by it. Chynnykovyy proposed approach to modeling the value of the programs and projects of agricultural production made it possible to classify the key management problem. Structure solving management problems using MIS Farming is the foundation to support the configuration.

Keywords: management information system model agriculture. The scientific and methodological basis for the creation of conceptual

Постановка проблеми. Управління проектами та програмами рільництва є сьогодні невід'ємною складовою сільськогосподарського виробництва. Однак, для цієї мети ще не створено управлінсько- інформаційних систем, які б гарантували об'єктивне вирішення множини управлінських задач в автоматизованому режимі. А тому і до тепер керівники та менеджери цього виробництва вимушені здійснювати управління здебільшого на основі розпорошених рекомендацій літературних джерел з багатьох галузей знань. У цьому разі, управлінські рішення не завжди є достатньо об'єктивними, що негативно впливає на результати рільництва сільськогосподарських товаровиробників. Таким чином, існує науково-прикладна проблема забезпечення ефективності рільництва на основі створення та використання управлінсько-інформаційних систем (УІС).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Доцільність удосконалення управління сільськогосподарським виробництвом задекларовано у багатьох наукових працях [1, 2, 3, 12]. Спостерігається тенденція застосування для цієї мети моделювання, яке дає змогу прогнозувати результати виробництва залежно від змісту виконаних робіт [8, 9]. Окрім того, в останні роки різними науковими колективами розроблені та рекламуються через Інтернет інформаційно-аналітичні системи вирішення розрізних управлінських задач сільськогосподарського виробництва [6, 7, 11]. Їх аналіз свідчить про відсутність інформації щодо методів вирішення цих задач, що є причиною недовіри потенційних споживачів до таких систем.

Метою статті є розкриття науково-методичних особливостей створення моделей управлінсько-інформаційних систем, зокрема, концептуальної.

Виклад матеріалу. Відомо [12], що концептуальною моделлю будь-якої системи, що створюється називають описову модель, у якій відображають основні її складові та принципи функціонування. Зазвичай КМ розробляється у такій послідовності: 1) орієнтування моделі; 2) стратифікація; 3) деталізація; 4) структурування та управління; 5) локалізація; 6) виділення процесів; 7) виділення станів. На наш погляд, для здійснення зазначених процедур слід розробити їх науково-методичні підстави, які б включали основні наукові положення, що лежать в основі цих процедур. Розпочнемо з орієнтування моделі УІС. Ця процедура здійснюється для того, щоб чітко

зафіксувати з якою метою створюється концептуальна модель. Власне визначення мети створення концептуальної моделі лежить в основі технічних вимог до УІС. У цьому разі і мета, і технічні вимоги знаходяться у діалектичній єдності, яка характеризує УІС стосовно її призначення.

Якщо УІС розглядати як інтегроване програмно-комп'ютерне забезпечення інтелектуальної діяльності людини щодо розв'язання множини управлінських задач та обґрунтування на основі їх результатів розпоряджень (рішень) щодо здійснення тих чи інших дій, скерованих на виконання рільничих процесів, то основною технічною вимогою до її створення є максимально повне та системне врахування відповідних процесів. Іншими словами, УІС повинна максимально повно та системно відображати ці процеси, що гарантує об'єктивність розв'язку управлінських задач. Отже об'єктивність розв'язку управлінських задач слід визнати основою (первинною) технічною вимогою до УІС.

Розглянемо це ж саме питання з позицій управління програмами, методичні засади яких відображені в японському стандарті П2М [5]. У цьому разі УІС будемо розглядати, як програму (П), що характеризується цінністю Цб. Місією програми є створення продукту під назвою УІС. Продукт у цьому разі розглядається як система зі станом "як буде". Система з початковим станом "як є" являє собою управлінську систему, яка складається з осіб, які обґрунтовують і видають розпорядження стосовно виконання множини рільничих процесів щодо виробництва сільськогосподарської продукції тим чи іншим автономним товаровиробником на основі отриманих знань та досвіду. Бажаний стан "як буде" цієї системи являє собою управлінську систему, котра складається із осіб, що обґрунтовують та видають розпорядження з використанням УІС. За такого стану знання, та досвід, якими володіють управлінці, фактично не потрібні, оскільки відповідна інформація буде міститися в УІС. Тобто має відбутися розподіл інформації між управлінцями та УІС. А тому, концептуальна модель УІС має враховувати зміст та обсяг інформації, яка повинна до неї надходити. Для визначення змісту (σ_i) цієї інформації потрібно знати зміст (σ_3) задач, які має розв'язувати УІС, а також методи (m_3) їх розв'язання. Водночас методи m_3 розв'язання управлінських задач визначають потребу у технічних засобах (T_n). Таким чином, маємо причинно-наслідковий зв'язок:

$$\sigma_i \leftarrow (\sigma_3 \rightarrow m_3 \rightarrow T_n). \quad (1)$$

Цей зв'язок лежить в основі створення УІС, а зокрема, концептуальної моделі.

Подивимося на УІС з позицій системного підходу. З цією метою означимо такі системні складові: 1) характеристики (X_u) вхідного потоку інформації; 2) параметри (Z_u) даної системи; 3) показники (Y_u) вихідної інформації. Задача синтезу у цьому разі записується залежністю:

$$Y_u = f(X_u, Z_u, T_\phi), \quad (2)$$

де T_ϕ – тривалість функціонування УІС.

Зауважимо, що характеристики X_u вхідного потоку інформації стосуються стану сільськогосподарського виробництва того чи іншого автономного формування. Вони відображають інформацію про множину показників функціонування відповідних систем – їх вхідні потоки (X_B), параметри (Z_B) і показники виробництва (Y_B):

$$X_u = f(X_B, Z_B, Y_B). \quad (3)$$

Параметри Z_u УІС характеризують зміст управлінських задач (σ_3), методи їх розв'язку (m_3), а також технологію та технічні засоби (T_n), що забезпечують автоматизований процес розв'язання цих задач.

Показники (характеристики) (Y_u) вихідної інформації відображають результати розв'язання управлінських задач та їх надання оператору (управлінцю).

Отже, системний підхід до розроблення концептуальної моделі УІС дає змогу означити системні складові та причинно-наслідкові зв'язки між ними, які, на нашу думку, є важливими для орієнтування моделі. Зокрема, означені причинно-наслідкові зв'язки (1-3) уможливають формулювання мети моделювання УІС - узгодити параметри Z_u УІС зі змістом множини управлінських задач $\{\sigma_3\}$, котрі мають нею розв'язуватися.

Після орієнтування моделі та формулювання мети моделювання, потрібно обґрунтувати страти моделі УІС. Стратами будемо називати укрупнені складові систем УІС, які перебувають у системному взаємозв'язку між собою і визначають параметри Z_u :

$$Z_u \leftrightarrow \{Z_{u\beta}\}, \quad (4)$$

де β – число страт.

Для обґрунтування числа страт β УІС слід у першу чергу, визначити число (i) та зміст (σ_{zi}) задач, що мають ними розв'язуватися. Окрім страт, що розв'язують окремі управлінські задачі, очевидно, слід визначити страти, які забезпечують загальні функції УІС - фіксування початкових даних, представлення результатів розв'язку задач тощо. Страти, котрі здійснюють розв'язання автономних управлінських задач, будемо називати основними. Страти, які забезпечують надходження та видачу інформації, називатимемо допоміжними. Водночас число (i) та зміст (σ_{zi}) управлінських задач визначається параметрами Z_e та характеристиками X_e вхідних потоків виробничих (технологічних) систем рільництва. З огляду на масштабність та складність якісного означення згаданих системних складових рільництва, у даній статті це питання не розглядатимемо. Однак зафіксуємо зазначений причинно-наслідковий зв'язок, як методичної основи наукового процесу стратифікації УІС:

$$\{\Sigma_i\} \leftarrow \{\sigma_{ci}\} \leftarrow (X_a, Z_a), \quad (5)$$

де $\{\Sigma_i\}$ – множина основних страт УІС.

Зазначимо, що множина управлінських задач $\{\sigma_i\}$ формується із двох підмножин - підмножини чинників цінності виробничих систем рільництва та підмножини управлінських процесів. Зазвичай до підмножини чинників цінності рільничих систем належать такі групи [12]: 1) правова (P_a); 2) ринково-кон'юнктурна (P); 3) фінансово-економічна (Φ); 4) соціальна (C_p); 5) предметна (P_e); 6) виробнича (B); 7) агрометеорологічна (A); 8) технологічна (T_l); 9) технічна (T_n); 10) організаційно-масштабна (O); 11) матеріально-ресурсна (M); 12) ресурсно-енергетична (R_e); 13) стандартно-якісна (Y_c):

$$C = f(P, P, \Phi, C, P, B, A, T_l, T_n, O, M, R_e, Y_c). \quad (6)$$

Стосовно кожної керованої групи чинників може розв'язуватися управлінська задача щодо її покращення. Не можливо здійснювати управління стосовно агрометеорологічної та виробничої груп чинників, які фактично є некерованими. Іншими групами чинників управляють під час таких управлінських процесів - ініціювання, планування, контролю, організації виконання, мотивації та закриття відповідних процесів [10, 12].

Аналізуючи науково-методичний підхід до деталізації УІС рільництва, слід, на наш погляд, брати за основу методику розв'язання кожної задачі множини $\{\sigma_{zi}\}$. Методики розв'язання окремих управлінських задач є неоднаковими. Водночас, будь-яку управлінську задачу з позицій системного підходу можна розглядати таким чином. Зміст σ_{zi} i -ї управлінської задачі завжди передбачає наявність початкової інформації, яка також характеризується певним змістом σ_{zi} , а також методику (метод) її розв'язання m_{zi} . Розв'язання σ_{zi} управлінської задачі характеризується певними результатами R_{zi} , які є основою ухвалення управлінського розпорядження U_{zi} . Таким чином, можемо для будь-якої управлінської задачі σ_{zi} записати системну залежність:

$$(U_{zi} \leftrightarrow R_{zi}) = f[\sigma_{zi}(m_{zi}, \sigma_{ji}, T_{nzi})], \quad (7)$$

де T_{nzi} – технічні засоби, які використовуються для розв'язання σ_{zi} -ї управлінської задачі. З огляду на об'єктивне існування цієї залежності, деталізація УІС першочергово стосується початкової інформації σ_{ji} , методики m_{zi} вирішення даної задачі та технічних засобів T_{nzi} , що застосовуються для цієї мети. У цьому разі мусимо однозначно зафіксувати засоби зчитування, фіксування та передачі початкової інформації у підсистему її опрацювання, яке відбувається за певним алгоритмом, розробленим згідно з методикою розв'язання управлінської задачі. Зауважимо, що дотепер початкова інформація про стан тієї чи іншої складової виробничої системи рільництва формується на основі моніторингу цього стану безпосередньо людиною, яка здійснює вимірювання стану за допомогою приладної бази. Тобто, людина безпосередньо зчитує (вимірює) показники стану складових систем. Водночас розвиток інформаційних технологій, на наше переконання, у недалекому майбутньому дасть змогу цю інформацію вимірювати, фіксувати та передавати в автоматизованому режимі. З огляду на це, буде замінено участь людини у процесі моніторингу на технічні засоби, які стануть об'єктами конфігурації УІС. Поки що людина, що визначає стан системних складових сільськогосподарського виробництва, є невід'ємною об'єктом конфігурації УІС. До важливих складових УІС, яка визначається на основі аналізу залежності належить програмне забезпечення розв'язання тієї чи іншої управлінської задачі. Воно дає змогу в автоматизованому режимі здійснити розрахунок (змоделювати) функціонування об'єкта управління (виробничої системи, проекту, програми тощо) та відшукати результат розв'язання задачі.

Перейдемо до локалізації УІС. Локалізація УІС означає встановлення їх меж, які визначаються призначенням систем. Можна з впевненістю сказати, що з огляду на сучасний стан розвитку цих систем, їх локалізація буде зумовлюватися межами об'єктів управління - кількістю культур, що вирощуються, числом та площами полів на яких вони засіваються, сільськогосподарськими сезонами (весняним, весняно-літнім, літньо-осіннім, осіннім, осінньо-зимовим, зимовим та зимово-весняним) тощо.

Невід'ємною складовою розроблення концептуальної моделі УІС є виділення процесів, що в них виконуються. Очевидно, що ці процеси визначаються особливостями збору та опрацювання інформації щодо стану та поведінки виробничих систем рільництва, які фактично є об'єктами управління. Як вже зазначалося, в УІС процеси стосуються збору (зчитування), обробки, фіксування, передачі, розподілу та представлення інформації. Кожен з цих процесів виконується у певній послідовності, яка визначається багатьма чинниками, зокрема, методикою розв'язання управлінських задач. Окрім того слід зауважити, що згадані процеси (операції) виконуються об'єктами конфігурації - технічними засобами та людиною.

Неможливо розробити концептуальну модель УІС без структурування та управління, яке здійснюється в ній. Структурування системи означає встановлення взаємозв'язків як між окремими її стратами, так і об'єктами конфігурації. Управління означає встановлення послідовності збору, передачі, фіксування, розподілу та представлення інформації окремими технічними засобами. Показниками функціонування у цьому разі є завантаження об'єктів конфігурації, яке визначається на основі відображення їх станів. Зокрема, об'єкти конфігурації можуть перебувати у стані виконання своїх функцій, або ж очікування завантаження. Окрім того вони можуть бути у роботоздатному, або ж нероботоздатному стані.

Висновки. 1. Розроблені науково-методичні засади створення концептуальної моделі УІС рільництва враховують її системні властивості, які формуються на основі змісту управлінських задач, що нею розв'язуються. 2. Запропонований чинниковий підхід до моделювання цінності програм та проектів виробництва сільськогосподарської продукції дав змогу класифікувати основні управлінські задачі. 3. Структура розв'язання управлінських задач за допомогою УІС рільництва є основою для обґрунтування її конфігурації.

1. Адамчук В.В. Пріоритетні напрямки агроінженерних досліджень // Механізація та електрифікація сільського господарства / В.В. Адамчук, М.И. Грицишин. – Глеваха, 2013. – Вип. 97, Т. 1. – С. 14 – 23.
2. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. Теория, технология и практика автоматизации оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК: Под науч. Ред. Д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 550 с.
3. Гарам В.П., Пашко А.О. Сучасне управління агротехнологічним процесом у рослинництві. // Наука та інновації, 2005. - Т. 2. - С. 110-116.
4. Кравчук В. Моніторинг росту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект «МАРС» / В. Кравчук, О.Ковтуненко // Техніка і технологія АПК. – 2009. - №1(вересень).
5. Керівництво з питань проектного менеджменту : [пер. з англ.] / під ред. С. Д. Бушуєва. – [2-ге вид.]. – К. : Вид. дім „Деловая Украина”, 2000. – 198 с.
6. Компьютерные агросистемы /Автоматизовані системи підтримки прийняття рішень в землеробстві: [Електронний ресурс] . - Режим доступу: <http://www.agrosoft.ks.ua/school-of-agricultural-technology/823-automated-decision-support-systems-in-agriculture.html>.
7. Компьютерные агросистемы /Программные продукты: [Електронний ресурс] // ИМС "Защита растений". - Режим доступу: <http://www.agrosoft.ks.ua/software-products.html>.
8. Луценко Е.В., Лойко В.И. Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. - Краснодар: КубГАУ, 2005.
9. Полужков Р.А. Динамические модели агроэкосистемы. - Л.: Гидрометеиздат, 1991, 312 с.
10. Саати, Т. Принятие; решений. [Текст] / Т. Саати // Метод анализа иерархий: пер. с англ. – М.: Радио и связь. 1993. – 320 с.
11. СибФТИ: Програмные продукты / Автоматизированные рабочие места: [Електронний ресурс] // Автоматизированное рабочее место агронома землеустроителя. - Режим доступу: <http://www.sibfti.sorashn.ru/index.php?id=123>.
12. Сидорчук О.В. Инженерия машинных систем / Сидорчук О.В. – Київ: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – 263 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014

УДК 625.7.032.32

Р.В.Смолянюк, Д.І.Кіяшко, В.Я.Савенко
ДП «Укрдорінвест»
Національний транспортний університет,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
НОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЗДОВЖНЬОЇ РІВНОСТІ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

В статті наведено аналіз показників, що на даний час використовуються для нормування рівності дорожніх покриттів та діапазонів довжин хвиль нерівностей, які враховуються різними показниками при оцінці рівності. На основі виконаного аналізу з цілю обґрунтування значень рівності визначено критерій, щодо дотримання граничного рівня безпеки та забезпечення комфорту руху для водія і пасажирів. Запропоновано комплекс показників, які потрібно використовувати для оцінки рівності, при цьому теоретично обґрунтовані і експериментально підтверджені рівні значень показників поздовжньої рівності автомобільних доріг, які рекомендуються використовувати для нормування.

Ключові слова: рівність, безпека руху, комфорт для водія і пасажирів, діагностика, поштовохмір, міжнародний індекс рівності.

Рис.3. Табл.3. Літ.9.

В статье приведен анализ показателей, которые на данный момент времени используются для нормирования ровности дорожных покрытий и диапазонов длин волн неровностей, которые учитываются различными показателями при оценки ровности. На основании выполненного анализа, для обоснования значений ровности определен критерий, для обеспечения необходимого уровня безопасности и комфорта водителям и пассажирам. Предложен комплекс показателей, которые необходимо использовать для оценки ровности, при этом теоретически и экспериментально подтверждены уровни значений показателей продольной ровности автомобильных дорог, которые рекомендуются использовать при нормировании.

Ключевые слова: ровность, безопасность движения, комфорт для водителя и пассажиров, диагностика, толчкомер, международный индекс ровности.

The existing normative documents and literary sources are analyzed in the given article. From which are defined a criterion of compliance with threshold level safety and comfort of movement for the driver and passengers. Also the analysis of wavelengths of road roughness that considers from different indicators in estimation of evenness is made. A set of indicators that should be used to estimation of evenness of pavement over the entire range of wavelengths, consisting of the indicators IRI, RN, the spectral density of roughness, altitude difference estimators for longitudinal leveling and clearance under the lath are proposed. The level of the indicators of longitudinal evenness of roads is theoretically and experimentally confirmed.

Keywords: evenness, traffic safety, comfort for driver and passengers, diagnostics, bump integrator, International Roughness Index (IRI).

Постанова проблеми. Рівність проїзної частини дорожнього покриття є одним з основних транспортно-експлуатаційних показників, що характеризує стан автомобільної дороги. Згідно зі статистичними даними з погіршенням рівності поверхні дорожніх покриттів збільшується кількість і тяжкість ДТП, зменшується ефективність роботи автомобільного транспорту (знижується середня швидкість руху транспортних засобів та міжремонтний пробіг, збільшується витрати палива, собівартість перевезення вантажів і пасажирів та ін.), збільшується рівень транспортного забруднення (зростає транспортний шум, вібрація, викиди різноманітних газоподібних речовин, викиди продуктів зношування шин і дорожнього полотна та ін.), зростає навантаження на дорожню конструкцію, що приводить до зменшення міжремонтних термінів служби дорожнього одягу та покриття. Тому саме від рівності та зважено обґрунтованих і вивірених нормативних показників з рівності дорожніх покриттів залежить успішне функціонування безпосередньо автомобільних доріг, в першу чергу з точки зору підвищення комфортабельності, надійності, продуктивності, економічності експлуатації автомобільного транспорту, безпеки дорожнього руху та поліпшення стану навколишнього середовища.

Існує багато підходів і визначень до терміну «рівність», водії та пасажирів її характеризують на основі власних відчуттів (коливання, вібрація, шум), проектувальники за впливом на динамічні характеристики (динаміка руху автомобіля, робота двигуна, режим руху автомобіля і взагалі транспортного потоку), будівельники за відхиленнями від проектних профілів, експлуатаційники за рівнем коливаннями автомобіля. Таким чином, щоб оцінити рівність треба спочатку визначити та надати характеристику нерівностям дорожньої поверхні.

© Р.В.Смолянюк, Д.І.Кіяшко, В.Я.Савенко

У низці наукових праць [1-4], для оцінки плавності ходу автомобіля і рівності дорожніх

покриттів, нерівності умовно ділять на три групи: шорсткість, мікронерівності та макронерівності.

Як видно з класифікації нерівностей вони всі залежать від довжини хвилі. Таким чином, якщо проаналізувати вище наведені характеристики терміну «рівність» з приведеними характеристиками нерівностей, то стає зрозуміло, що водії та пасажери характеризують рівність за усіма групами нерівностей, проектувальники тільки за макронерівностями, експлуатаційники та будівельники за мікронерівностями. В усьому світі рівність розглядають з точки зору вимог користувачів дорожніх послуг (водія, пасажирів), тому що вони об'єднують усі три групи нерівностей, які в цілому характеризують призначення автомобільної дороги для обслуговування потреб користувачів.

Тому комплекс показників для оцінки рівності дорожніх покриттів повинен включати оцінку високочастотних коливань, які істотно впливають на коливання не підресорених мас, викликаючи вібрацію, шум як всередині автомобіля, так і зовні, а також низькочастотних коливань, які істотно впливають на підресорені маси, викликають коливання кузова автомобіля, заколисування водія та пасажирів. Нормативні значення рівності в першу чергу повинні бути обґрунтовані виходячи із критерію забезпечення комфорту руху для водія та пасажирів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для обґрунтування вимог, щодо необхідного рівня рівності дорожніх покриттів детально розглянемо вплив нерівностей на різні компоненти системи. Якщо розглядати вплив рівності дорожніх послуг на користувачів та на транспортні засоби системно, то компонент системи користувач (водій, пасажир) – характеризує плавність ходу автомобіля. Плавність ходу впливає не тільки на відчуття водія та пасажирів, збереження вантажів і конструктивних елементів автомобіля, але і на ряд експлуатаційних властивостей автомобіля [6]: середню швидкість руху, витрату палива, безпеку руху, довговічність, а також на його продуктивність і собівартість перевезень. При русі по нерівній поверхні дорожнього покриття, водії та пасажери піддаються впливу вібрації, що приводить до погіршення ступеня комфорту користувачів [2-6], зменшенню продуктивності праці і якостей роботи, розвитку професійних захворювань [4,7]. Стомлюваність приводить до погіршення ефективності виконання своїх функцій водіями [5-6], що може привести до виникнення небезпечних дорожньо-транспортних пригод [4,5-6].

Показники оцінки рівності дорожніх покриттів в усьому світі класифікують за діапазонами довжин хвиль нерівностей, та за принципом їх оцінки. Запропонована класифікація (рис.1) діапазонів довжин хвиль нерівностей, які враховуються різними показниками оцінки рівності дорожніх покриттів.

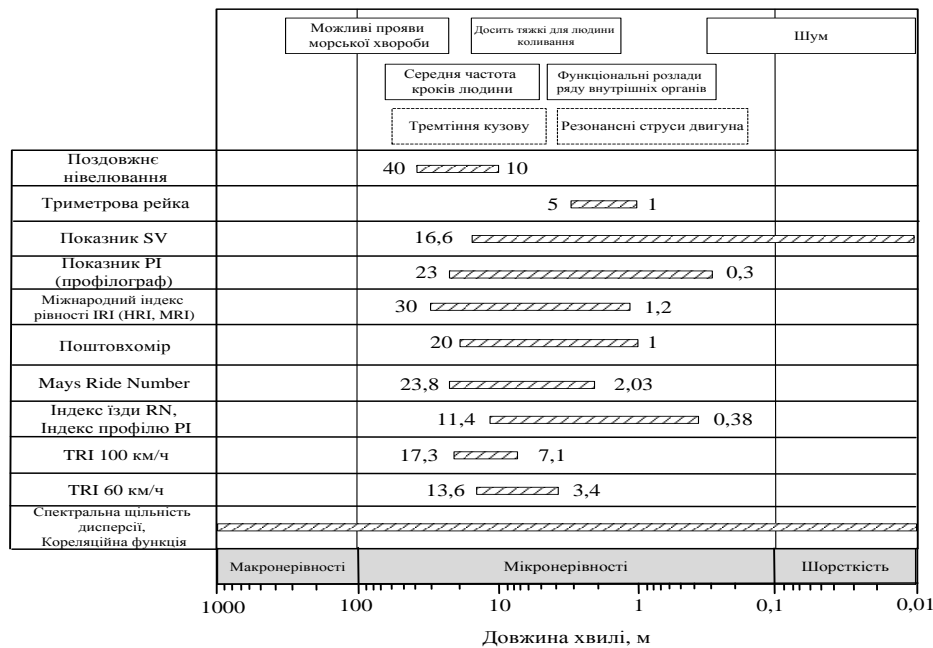


Рис. 1 . Діапазони довжин хвиль нерівностей, які враховуються різними показниками оцінки рівності дорожніх покриттів

Попередні дослідження виявили, що нормативні показники рівності поверхні дорожніх покриттів, які використовують в Україні мають потребу в перегляді і удосконаленні. Востаннє їх оновлення відбувалось в 1985 році. За цей час суттєво збільшилася середня швидкість руху транспорту, підвищилися вимоги до комфорту руху (вимоги міжнародного стандарту, щодо оцінки впливу загальної вібрації на тіло людини ISO 2631), з'явилися нові показники та прилади для оцінки рівності дорожніх покриттів, використовуються сучасні системи підвісок для автотранспортних засобів та ін. В результаті чого змінилися і вимоги до автомобільних доріг, на перше місце вийшли критерії якості надання послуг та безпека дорожнього руху, дана обставина примушує змінювати та удосконалювати транспортно-експлуатаційні показники, які характеризують та забезпечують споживчі властивості автомобільних доріг.

В 1986 р. група вчених М.Сайерс, С.Карамигас і ін. розробили індекс IRI (Міжнародним Індексом Рівності), також була отримана шкала нормування рівності за критерієм комфорту руху для водія та пасажирів.

Дані дослідження істотно вплинули на методи та принципи оцінки рівності дорожніх покриттів, що прийняті на сьогодні в усьому світі. Однак шкала нормування мала широкий діапазон даних, оскільки при дослідженні на показник IRI впливала велика кількість факторів: тип автомобіля, швидкість руху, індивідуальні фізіологічні розбіжність людей та інше. Тому на даний час у різних країнах для нормування рівності дорожніх покриттів використовують власні гранично - допустимі значення рівності дорожніх покриттів за IRI для доріг, що приймаються після будівництва, реконструкції і ремонтних робіт, та окремо для доріг які знаходяться в експлуатації (рис. 2).

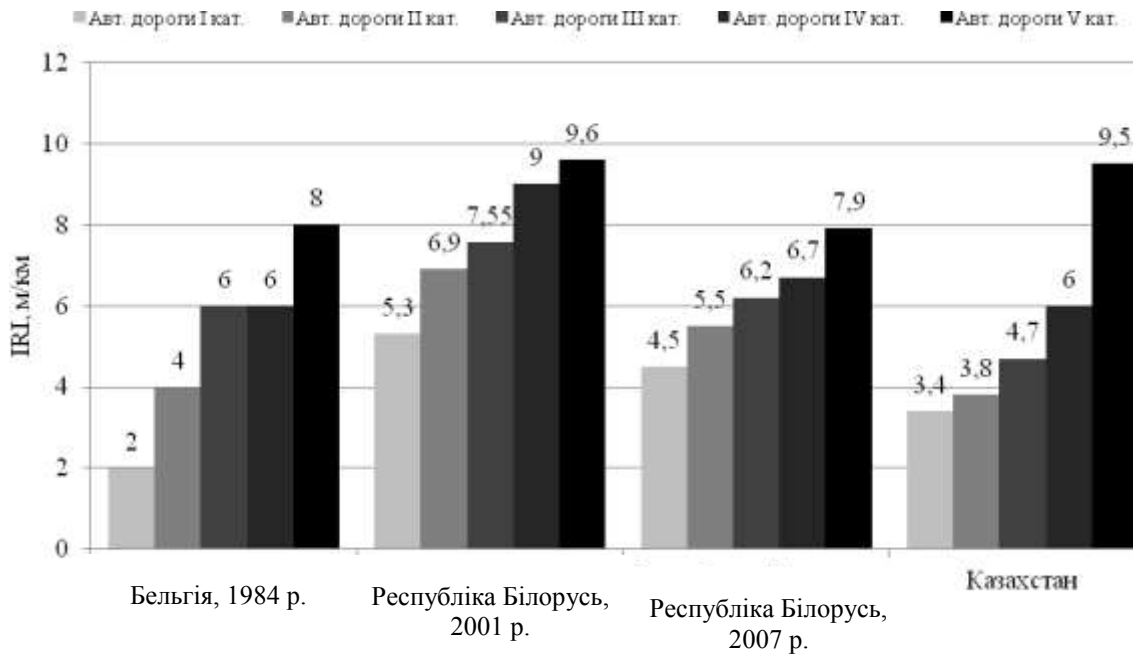


Рис. 2. Градації рівності автомобільних доріг за IRI в період експлуатації

Таким чином, для успішного функціонування автомобільного транспорту та автомобільних доріг, підвищення комфортабельності, надійності, продуктивності та економічності автомобіля, безпеки дорожнього руху, поліпшення стану навколишнього середовища необхідне підвищення технічного рівня та експлуатаційного стану існуючих доріг, а також удосконалення дорожніх експлуатаційних показників (зокрема рівності дорожніх покриттів).

Мета дослідження. Обґрунтування нормативного рівня значень показників повздовжньої рівності дорожніх покриттів за критерієм забезпечення комфортності користувачам дорожніх послуг та безпеки дорожнього руху.

Основні результати дослідження. Комплексна оцінка рівності покриттів автомобільних доріг, дає змогу оцінювати рівність диференційовано на етапах проектування, будівництва, ремонту та експлуатації. На підставі результатів диференційованої оцінки рівності покриттів автомобільної дороги приймаються відповідні технічні рішення з подальшим її поліпшенням. За результатами проведеного дослідження рекомендуються основні, взаємозамінні та додаткові показники, вибір яких залежить від категорії автомобільної дороги, типу дорожнього одягу, виду та етапу контролю рівності.

Визначені вимоги, щодо проведення вимірювань з оцінки рівності проектної лінії, поверхні покриттів (основ) автомобільних доріг різноманітним обладнанням та за різними методиками, а також обробка отриманих даних з застосуванням базових та гранично – допустимих значень показників рівності дорожніх покриттів [9].

Рівність покриттів автомобільних доріг повинна контролюватись на таких етапах (рис. 3):

- проектний етап - діагностика існуючого покриття або проектної лінії для забезпечення їх відповідності вимогам руху;
- операційний етап - діагностика для визначення відповідності поверхні покриття (основи) дороги вимогам проекту після виконання відповідної технологічної операції під час виконання дорожньо – будівельних і ремонтних робіт;
- приймальний етап - діагностика для визначення відповідності поверхні покриття (основи) дороги вимогам проекту після виконання відповідних дорожньо – будівельних і ремонтних робіт;
- експлуатаційна оцінка - визначення відповідності проїзної частини автомобільних доріг вимогам руху і здатності збереження цієї відповідності на нормативний період експлуатації.

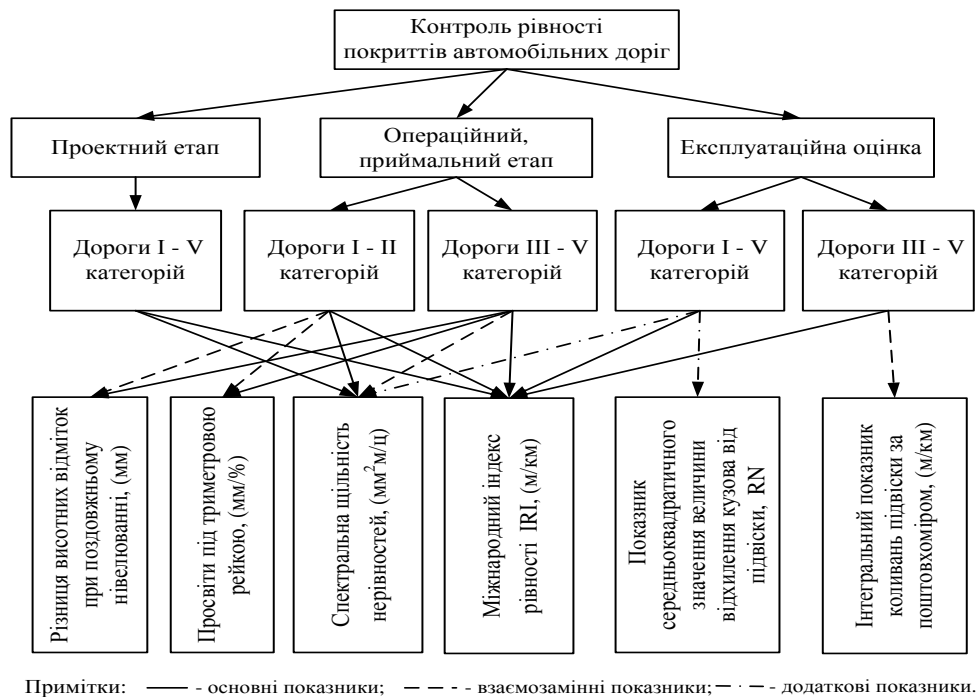


Рис. 3. Етапи контролю та показники, що рекомендуються для оцінки рівності покриттів автомобільних доріг

Комплексна оцінка рівності покриттів автомобільних доріг повинна виконуватись за наступними показниками:

- основні показники - призначені для першочергової оцінки рівності автомобільних доріг;
- взаємозамінні показники - використовуються для заміни основних показників, якщо існуючі прилади та обладнання не дозволяють проводити оцінку рівності автомобільних доріг за основними показниками, або для більш детальної оцінки рівності автомобільних доріг;
- додаткові показники - призначені для більш детальної оцінки рівності автомобільних доріг, на ділянках, де основні показники не дають змоги відобразити усієї картини впливу нерівностей на водія та пасажирів.

Для оцінки рівності дорожніх покриттів на різних етапах контролю, використовуються наступні методики:

- за різницею висотних відміток при поздовжньому нівелюванні;
- за просвітами під триметровою рейкою;
- за спектральною щільністю нерівностей;
- за міжнародним індексом рівності IRI;
- за показником середньоквадратичного значення величини відхилення кузова від підвіски, RN;
- за інтегральним показником коливань підвіски, використовуючи поштовхомір.

Оцінка рівності поверхні дорожніх покриттів та основ за різницею висотних відміток при поздовжньому нівелюванні та за просвітами під триметровою рейкою використовується тільки на етапах операційного контролю та при прийманні виконаних робіт. При прийманні виконаних дорожньо – будівельних і ремонтних робіт в якості основних показників (рис.3) необхідно використовувати показники оцінки рівності дорожніх покриттів за різницею висотних відміток при поздовжньому нівелюванні та за просвітами під триметровою рейкою комплексно, особливо для доріг III – V категорій.

Оцінка рівності автомобільних доріг за спектральною щільністю нерівностей використовується при контролі рівності на етапі експлуатації і виступає, як додатковий показник (рис.3), що дозволяє враховувати весь діапазон довжин хвиль нерівностей. Вихідними даними для

визначення спектральної щільності є мікропрофіль проїзної частини з кроком від 0,25 м до 2 м, в залежності від характеру її пошкоджень. Спектральна щільність нерівностей дає інформацію про довгі нерівності, що несуттєво впливають на показник IRI, але істотно впливають на оцінку рівності при русі зі швидкостями більше за 80 км/год., тому його доцільно використовувати в якості основного у комплексі з показником IRI для оцінки рівності покриттів I - II категорій доріг при прийманні виконаних дорожньо – будівельних і ремонтних робіт (табл.2), а також при аналізі рівності в проектах автомобільних доріг (табл.1).

Оцінка рівності покриттів автомобільних доріг за міжнародним індексом рівності IRI є основною (рис. 3) при обстеженні, діагностиці та моніторингу рівності покриттів автомобільних доріг. Вихідними даними для визначення рівності за IRI є мікропрофіль проїзної частини з кроком від 0,25 м до 1 м, в залежності від характеру її дефектів. Показник IRI визначається згідно методики, наведеної в СОУ 45.2-00018112-078 [8]. Перед виконанням ремонтно-будівельних робіт всі проекти повинні пройти перевірку відносно рівності за показником IRI в залежності від допустимих значень для відрізків довжиною 100 м (табл.1). При прийманні виконаних дорожньо – будівельних робіт за даними вимірювання рівності з використанням показника IRI (табл.3), як основного, визначаються ділянки дороги, що підлягають детальному виміру рівності за різницею висотних відміток при поздовжньому нівелюванні та за просвітами під триметровою рейкою.

На даний момент часу виконується переробка нормативного документу ДБН В.2.3-4:201X «Споруди транспорту. Автомобільні дороги», в який пропонується надати значення показників для нормування рівності дорожніх покриттів (основ), що наведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Значення показників для нормування рівності дорожніх покриттів, що пропонується надати в ДБН В.2.3-4:201X, Частина I. Проектування (використовувати на етапі експертизи проекту)

Показники рівності дорожніх покриттів	Категорія доріг					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
Значення IRI, м/км	1,2	1,3	1,4	1,5		
Спектральна щільність нерівностей за верхньою межею коефіцієнта, D_0 , мм ² -м/ц	5	6	7	8		

Значення показників для нормування рівності дорожніх покриттів, що пропонується надати в ДБН В.2.3-4:201X, Частина II. Будівництво (використовувати на етапі приймання дороги в експлуатацію)

Таблиця 2

Матеріал покриття	Базові значення коефіцієнта рівня спектральної щільності нерівностей при верхній границі, D_0 , мм ² -м/ц				
	I	II	III	IV	V
Асфальтобетон та цементобетон	10	16	20	28	-
Чорний щебінь (гравій)	-	30	40	48	65
Білий щебінь (гравій), бруківка	-	-	-	65	85

Таблиця 3

Матеріал покриття	Базові значення IRI ₁₀₀ , м/км, за категоріями доріг				
	I	II	III	IV	V
Асфальтобетон та цементобетон	1,7	2,1	2,3	2,8	-
Чорний щебінь (гравій)	-	3,3	3,6	4,2	4,8
Білий щебінь (гравій), бруківка	-	-	-	4,8	5,2

Оцінка рівності поверхні дорожніх покриттів за показником середньоквадратичного значення величини відхилення кузова від підвіски, RN є додатковим показником (рис. 3) його необхідно використовувати в комплексі з показником IRI на етапі експлуатації для всіх категорій доріг, оскільки він, на відміну від показника IRI, у більш широкому діапазоні дозволяє оцінювати небезпечні для людини коливання. Вихідними даними для визначення рівності за RN є мікропрофіль проїзної частини з кроком від 0,15 м до 0,25 м, в залежності від характеру її дефектів.

Оцінка рівності поверхні дорожніх покриттів за інтегральним показником коливань підвіски, з використанням повштовхміра є взаємозамінним показником (рис. 3) при обстеженні, діагностиці та моніторингу рівності автомобільних доріг рекомендується використовувати для оцінки рівності дорожніх покриттів під час експлуатації в якості основного показник IRI, а на дорогах III - V категорій в якості взаємозамінного показник рівності дорожніх покриттів за повштовхміром, для перехідних та нижчих типів покриття.

На даний час після його переробки, проводиться експертиза та затвердження нормативного документу ДСТУ 3587:201X «Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану», в який пропонується в якості основного ввести гранично – допустимі значення показників для нормування рівності дорожніх покриттів за IRI на етапі експлуатації, а показник рівності дорожніх покриттів за повштовхміром та його значення в якості тимчасового (табл.4), до моменту переоснащення дорожньої галузі сучасними діагностичними лазерними приладами типу ЛВС (лазерні вимірні системи).

Таблиця 4

Гранично – допустимі значення показників для нормування рівності дорожніх покриттів, що пропонується надати в ДСТУ 3587:201X (використовувати на етапі експлуатації)

Показники рівності дорожніх покриттів		Рівень вимог до дорожнього покриття за рівністю								
		1	2	3	4	5	A	Б	В	Г
1	за повштовхміром, см/км, не більше	60	90	130	180	230	80	150	200	230
2	за міжнародним індексом рівності IRI ₁₀₀ , м/км, не більше	2,5	4,0	5,5	6,5	8,0	3,5	6,0	7,5	8,0
3	за міжнародним індексом рівності IRI _{0,25} , м/км, не більше	20	25	33	40	45	–	–	–	–

Висновки:

1. На основі виконаного аналізу нормативних документів і літературних джерел вирішальним критерієм для обґрунтування значень рівності визначено критерій дотримання граничного рівня безпеки та забезпечення комфорту руху для водія і пасажирів, на підставі цього виявлені недоліки існуючих нормативних показників та їх значень, що використовуються при оцінці рівності дорожніх покриттів.

2. Обґрунтовано комплекс показників, які потрібно використовувати для оцінки рівності дорожніх покриттів у всьому діапазоні довжин хвиль, що складаються з показників IRI, RN, спектральної щільності нерівностей, різниці висотних оцінок при поздовжньому нівелюванні та просвітів під триметровою рейкою.

3. Теоретично обґрунтовані і експериментально визначені рівні значень показників поздовжньої рівності автомобільних доріг, які рекомендуються використовувати для нормування.

1. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. – Т. 1/ М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
2. Литвинов А. С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств/ М.: Машиностроение, 1989, – 240 с.
3. Хачатуров А. А. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
4. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля / М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
5. Эрастов А. Я. Ровность дорожных покрытий и безопасность движения / Автомобильные дороги. – 1978. – №6. – С. 18–19.
6. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория./ Мн.: Выш. шк., 1986. – 208 с.
7. Медведева В. Т. Инженерная экология: / М.: Гардарики, 2002. – 687 с:
8. СОУ 45.2-00018112-078:2012 Автомобільні дороги. Оцінка рівності дорожніх покриттів за Міжнародним Індексом Рівності (IRI) / Київ, Державна служба автомобільних доріг України, 2012 – 32 с.
9. РВ. 2.3-218-02071168/02070915-819:2013 Рекомендацій щодо застосування різних методів оцінки повздовжньої рівності за критерієм впливу нерівностей поверхні покриттів на споживачів дорожніх послуг / Київ, Державна служба автомобільних доріг України, 2012 – 30с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 625.7/8

С.Й.Солодкий, О.Є.Волліс, Ю.В.Сідун
Національний університет «Львівська політехніка»
ТОВ «Пролог ТД», м. Львів
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОРНИХ КИСЛОТ В ТЕХНОЛОГІЯХ
ЛЕМС

Проведено порівняльний аналіз бітумних емульсій для литих-емульсійних мінеральних сумішей (ЛЕМС), запроєктованих з використанням соляної та ортофосфорної кислот. Виділено основні відмінності та залежності, які впливають на формування структури ЛЕМС на основі цих кислот. Зроблено висновки про подальші кроки вивчення проблеми використання ортофосфорної кислоти в системах ЛЕМС.

Ключові слова: *Лита емульсійно-мінеральна суміш, фосфорна кислота, соляна кислота, когезійна міцність, окислений бітум, тонкошарове емульсійно-мінеральне покриття.*

Рис 3. Табл. 4. Літ 12

С.Й.Солодкий, А.Е.Волліс, Ю.В.Сідун
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОРНЫХ КИСЛОТ В ТЕХНОЛОГИЯХ
ЛЭМС

Проведено сравнительный анализ битумных эмульсий для лито-эмульсионных минеральных смесей (ЛЭМС), запроектированных с использованием соляной и фосфорной кислот. Выделены основные отличия и зависимости, которые влияют на формирование структуры ЛЭМС. Сделаны выводы про дальнейшие шаги изучения проблемы использования фосфорной кислоты в системах ЛЭМС.

Ключевые слова: *литая эмульсионно-минеральная смесь, фосфорная кислота, соляная кислота, когезионная прочность, окисленный битум, тонкослойное эмульсионно-минеральное покрытие*

S.Solodkyy, O.Vollis, Yu.Sidun
POTENTIALITIES OF USING PHOSPHORIC ACIDS FOR SLURRY-TECHNOLOGIES.

At present time the investigation of possibility of using ortho-phosphoric acid in slurry systems can be one of the questions of existence of similar technology in Ukraine in general. Usage of phosphoric acid instead of hydrochloric one in bitumen emulsions allows (due to the use of oxidized bitumens – which are the main binder material in Ukraine) to reach much better results in the indices of cohesion strength build-up rate. According to the results of testing on emulsions consisting of oil road viscous non-modified oxidized bitumen BND 60/90, produced by JSC Mozyr Refinery, one can definitely point out the advantages when using systems on phosphoric acid. There was found certain specificity of dependence of phosphoric-acid-and-cement-based slurry-mix breaking time from cement, which is included in the mix. Besides, there was found its difference from the similar dependence in the systems on hydrochloric acid. Such dependence and indices of cohesion strength build-up for phosphoric-acid-based slurry show the chemical nature of breakage for such systems. It shall allow using slurry technologies at lower temperatures than classic ones, and it shall allow using (as mineral filler) broader spectrum of mineral materials of corresponding gradations. One more advantage is Redicote EM44 emulsifier produced by AKZO NOBEL, Sweden (which is used for production of the above-considered systems on phosphoric acid), broadly applied in other popular bitumen-emulsion technologies popular on the territory of Ukraine – such technologies as surface dressing, pothole patching and ordinary tack coat.

The broad spectrum of advantages, revealed in front of us due to the use of ortho-phosphoric acid, stimulate us to continue investigations of all the possible nuances and dependences for better understanding of this technology.

Keywords: *slurry systems, ortho-phosphoric acid, hydrochloric acid, oxidized bitumen, slurry seal payment.*

Постановка проблеми. Технологій ЛЕМС в Україні є недостатньо розвинутою через низку причин:

- для досягнення нормативних показників необхідно використовувати дорогий високо кислотний імпортований бітум;
- під час виробництва емульсій використовують доволі агресивну соляну кислоту (HCl), яка може приводити до руйнування обладнання та вимагає отримання ліцензії на роботу з прекурсорами;
- підвищений рівень безпеки персоналу під час роботи із соляною кислотою.

Тому використання соляної кислоти не тільки призводить до збільшення вартості технології, але й вимагає цілої низки додаткових технологічних модифікацій, як самого робочого місця для персоналу, так і виробничого обладнання при його встановленні та в процесі його експлуатації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Було проведено аналіз досліджень та публікацій вітчизняних дослідників [7-11] та встановлено, що питання використання ортофосфорної кислоти в технологіях ЛЕМС, є недостатньо вивченим. Серед європейських дослідників, що цікавляться питаннями ЛЕМС, особливо вагомими є праці Алана Джеймса – старшого наукового співробітника компанії Akzo

Nobel Asphalt Applications. У доповіді, представлений в листопаді 2008 року на Міжнародному симпозиумі з технології бітумних емульсій у Вашингтоні, А. Джеймс і його колега Тоні Нг презентували інформацію із впливу цементу на покриття ЛЕМС, також були наведені останні результати досліджень Akzo Nobel по емульсійним системам з ортофосфорною кислотою. У доповіді, представлений в лютому 2008 р. на засіданні АЕМА в Мексиці, А. Джеймс наводить опис катіонних емульсій швидкого та середнього розпаду, приготовлених в системі ортофосфорної кислоти для ЛЕМС [12].

Невирішені частини проблеми. Не зважаючи на вищенаведене, закономірності розпаду та швидкості набору когезійної міцності на основі ортофосфорної кислоти досі залишається до кінця не вивченими і не зрозумілими.

Мета дослідження. Метою даної роботи було встановлення ефективності використання ортофосфорної кислоти під час виготовлення бітумних катіонних емульсій на окислених бітумах для технології ЛЕМС, визначення впливу ортофосфорної кислоти на якість емульсії та тонкошарового покриття на її основі. В центрі уваги даних досліджень було визначення закономірностей набору когезійної міцності холодних литих сумішей при використанні емульсій з ортофосфорною та соляною кислотою та визначення часу відкриття руху транспорту по влаштованому покриттю.

Основні результати досліджень. Для приготування бітумної емульсії використано бітум нафтовий дорожній в'язкий окислений БНД 60/90 виробництва ВАТ «Мозирського НПЗ» (Республіка Білорусь), що відповідає вимогами ДСТУ 4044-2001 [1] та емульгатори шведської компанії Akzo Nobel Redicote E-11, Redicote EM44.

Для вивчення проблеми було виготовлено наступні рецептури бітумних емульсій (табл.1).

Таблиця 1.

Рецепти бітумних емульсій

Компоненти емульсій	№ рецепту, мас.%	
	1	2
Бітум БНД 60/90	62	
Емульгатор	Redicote E-11 – 1%	Redicote EM44 – 1%
Кислота	Соляна (HCl)	Ортофосфорна (H ₃ PO ₄)
Показник рН	до рівня 2,5 у водній фазі	
Вода	до 100	

Рецепт №1 є класичною рецептурою для технологій ЛЕМС, для виготовлення якої використовують соляну кислоту та типовий для подібних рецептур емульгатор Redicote E-11. Натомість рецепт №2 є одним із згаданих А. Джеймсом [12]. В рецептах №1 та №2 було використано, широко вживаний на території України, окислений бітум.

Виготовлення бітумних емульсій відбувалось в лабораторії ТОВ «Пролог ТД» на данської лабораторній бітумно-емульсійної установці порційного типу «Денімотех» SEP-0,3R.

Обидві емульсії за всіма показниками відповідають вимогам стандарту ДСТУ Б В.2.7-129:2006 [2] та є катіонними повільнорозпадними (ЕК-П).

ЛЕМС виготовляли та контролювали згідно з вітчизняними нормами [3,4] та міжнародними нормативами ISSA [5,6].

Для приготування зразків ЛЕМС використано: рецепти бітумних емульсій №1 та №2, гранітні відсівні фракції 0-4 мм ТОВ «Вирівського кар'єру» та Клесівського кар'єру нерудних копалин «Технобуд», портландцемент ПЦ ІІ/А-ІІІ-400 (Миколаївцемент), воду питну, та 10% розчин регулюючої добавки (присадки) Redicote E-11.

Випробування ЛЕМС відбувалось за параметрами розпаду та швидкості набору когезійної міцності суміші. Розпад суміші під час її перемішування повинен відбутись не раніше 180 секунд, даний параметр вказує кінцевий термін часу за який суміш повинна бути укладена. Параметр швидкості набору когезійної міцності показує через який проміжок часу відбувається формування структури тонкошарового покриття достатнє для відкриття руху.

Із загальної кількості запроєктованих та випробуваних складів було відібрано низка ключових (табл. 2), які дають змогу проаналізувати вплив цементу на розпад ЛЕМС. Було розглянуто вплив вмісту цементу на основі емульсії №1 та №2 на Вирівському відсіві (рис.1) та на основі емульсії №2 на Вирівському та Клесівському відсівах (рис.2).

Склади ЛЕМС

Склад №	Вміст компонентів, г					Час розпаду, с
	Кам'яний матеріал	Цемент,	Вода	Присадка	Емульсія	
На основі емульсії №1 та Вирівському відсіві						
1.1	100	0,5	10	2,25	14	99
1.2	100	1,0	10	2,25	14	147
1.3	100	1,5	10	2,25	14	182
1.4	100	2,0	10	2,25	14	156
На основі емульсії №2 на Вирівському відсіві						
2.1	100	0,25	12	2,0	14	90
2.2	100	0,5	12	2,0	14	150
2.3	100	0,75	12	2,0	14	180
2.4	100	0,85	12	2,0	14	160
2.5	100	0,95	12	2,0	14	85
2.6	100	1,0	12	2,0	14	80
2.7	100	1,25	12	2,0	14	80
На основі емульсії №2 на Клесівському відсіві						
3.1	100	0,25	10	1,5	14	84
3.2	100	0,5	10	1,5	14	97
3.3	100	0,65	10	1,5	14	150
3.4	100	0,75	10	1,5	14	180
3.5	100	0,85	10	1,5	14	150
3.6	100	1,0	10	1,5	14	120

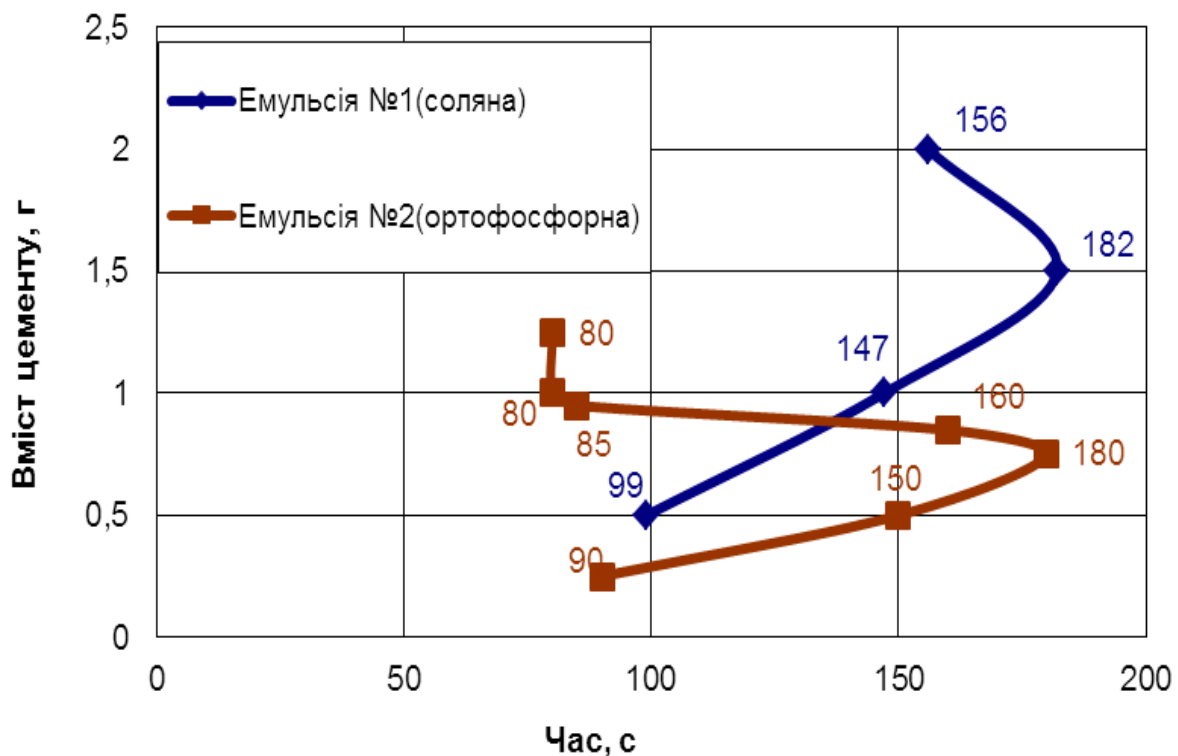


Рис 1. Вплив вмісту цементу на параметр розпаду суміші на основі емульсій №1 та №2 на Вирівському відсіві

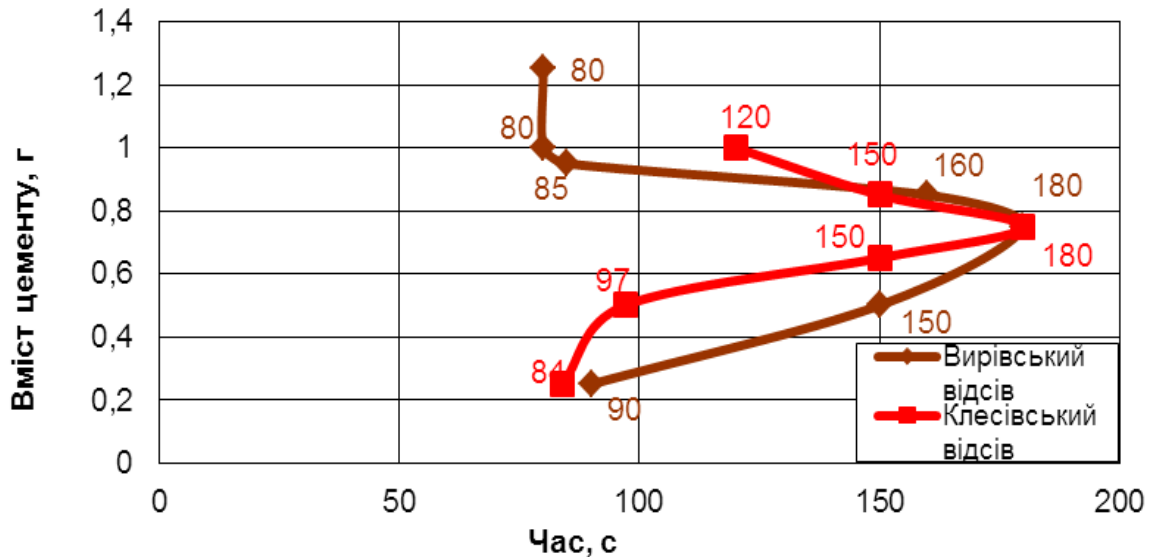


Рис 2. Вплив вмісту цементу на параметр розпаду на основі емульсії №2

У випадку використання соляної кислоти (рис.1) зміна вмісту цементу на 0,5 г від оптимального змінює час розпаду максимум на 35 секунд, що в свою чергу під час укладання ЛЕМС на дорозі може залишитись непомітним для оператора. Натомість зміна вмісту цементу лише на 0,1 г в системі ЛЕМС на основі ортофосфорній кислоти (рис.1, рис.2) приведе до зміни часу в 30 секунд, відхилення в 0,5 г взагалі призведе до розпаду суміші в розподільчому бункері укладача на дорозі, що є недопустимим. Така залежність піднімає питання підвищеної уваги до якості та однорідності використаного цементу.

Для випробувань з визначення швидкості набору когезійної міцності було обрано оптимальні склади за параметром розпаду 1,3; 2,3; 3,4 (табл. 2). Випробування зразків здійснювали згідно з вимогами технічного бюлетеня ISSA [6] з використанням модифікованого когезійного тестера.

Метою дослідження є визначення часу, за який зразок із ЛЕМС набере потрібну когезійну міцність для запуску транспортних засобів без обмежень швидкості, тобто буде відповідати четвертому типу руйнування (SS). Результати даних випробувань наведені в табл.3. та табл. 4. Простежується суттєва різниця в темпах формування тонкошарового покриття через використання різних кислот в технології ЛЕМС. Дослідження показало перевагу використання ЛЕМС на окислених бітумах, виготовлених з використанням фосфорної кислоти та емульгатора Redicote EM44, адже рух транспорту без обмежень швидкості можна починати на 3-4 годину після укладання суміші (рис.3).





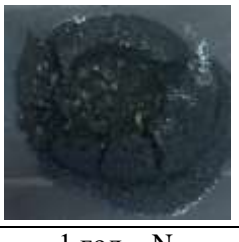
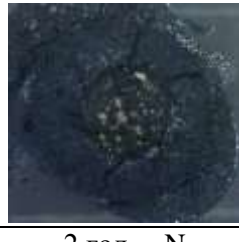
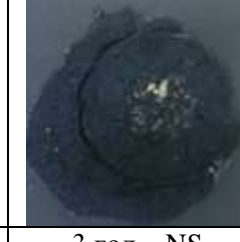
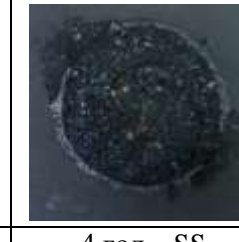




Таблиця 3.

Швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС

Склад №	Час випробування, год.	Характер руйнування	Прикладений крутний момент, кг*см
1.3	2	N	12
	5,5	N	12
	7	S	23
	8	SS	26
2.3	1	N	12
	2	N	14
	2,5	S	23
	3	SS	26
3.4	1	N	12
	2	N	13
	3	NS	20
	4	SS	26

Таблиця 4.

Вигляд зразків ЛЕМС після випробувань

	2 год. – N	5,5 год. – N	7 год. – S	8 год. – SS
Склад 1.3				
	1 год. – N	2 год. – N	2,5 год. – S	3 год. – SS
Склад 2.3				
	1 год. – N	2 год. – N	3 год. – NS	4 год. – SS
Склад 3.4				

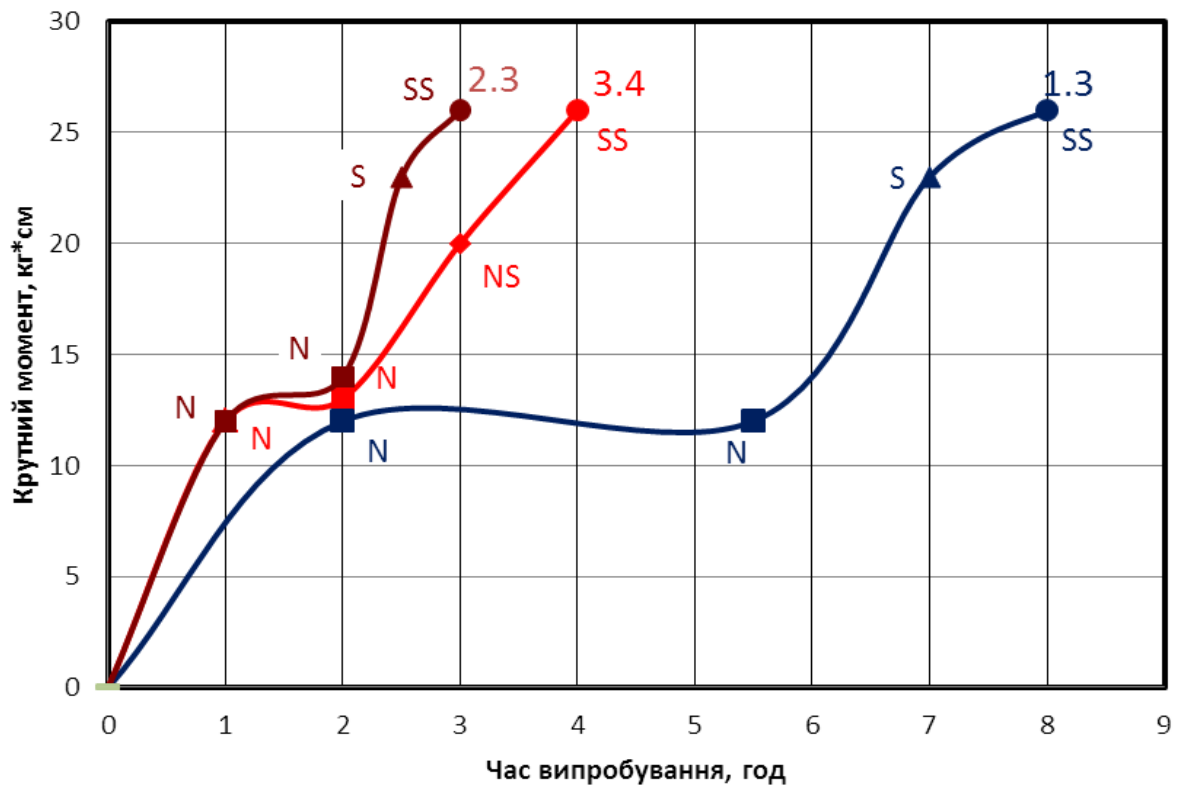


Рис 3. Швидкість формування структури покриття складів 1.3, 2.3,3.4

Висновки: Вперше виявлено закономірності, що використання фосфорної кислоти разом із емульгатором Redicote EM44 в рецептах бітумних емульсій прискорює швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС на основі окислених бітумів та надає готовому покриттю насиченого чорного кольору, притаманного асфальтобетонному покриттю.

Використання рецепту бітумної емульсії на основі окисленого бітуму та фосфорної кислоти є достатнім для відкриття ділянок для руху через короткий проміжок часу 3-4 год., порівняно із класичними системами на соляній кислоті та окисленому бітумі – 7-8 год., що зумовлено швидким процесом формування структури покриття. Природа цього процесу до кінця не є вивчена, вочевидь це пов'язано із суттєвою відмінністю в реакції бітумної емульсії на ортофосфорній та соляній кислотах з цементом.

Практично доведено, що підбір складу ЛЕМС на ортофосфорній кислоті є більш складним, в порівнянні із аналогічною системою на соляній кислоті, найімовірніше це відбувається через складні процеси взаємодії цементу та емульсії.

Подальші дослідження повинні відповісти на питання чи дійсно розпад ортофосфорних емульсій напряму залежить від цементу та його вмісту. Потрібно вивчити та вивести залежності подібної взаємодії, спробувати їх уніфікувати, що можливо дозволить відійти від впливу таких факторів навколишнього середовища, як температура чи вологість. Подібна незалежність дасть змогу нам значно розширити умови використання технологій ЛЕМС, а саме розширити сезон використання тонкошарових емульсійно-мінеральних покриттів, й влаштувати ЛЕМС в нічний час доби, що значно полегшить роботи в міських умовах та на вузьких ділянках доріг.

1. ДСТУ 4044-2001. «Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови.» - Київ: Держстандарт.2001.
2. ДСТУ Б В.2.7-129:2006. «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.» - Київ : Мінбуд України.,2006.
3. БН В.2.3-218-175-2002 «Влаштування тонкошарових покриттів з литих емульсійно-мінеральних та холодних асфальтобетонних сумішей» – Київ:Укравтодор. 2002.
4. ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002. «Суміші литі емульсійно-мінеральні та холодні асфальтобетонні»- Київ:Укравтодор.2002.
5. ISSA Technical Bulletin A105 (Revised) May 2003, Recommended Performance Guidelines for Emulsified Asphalt Slurry Seal, International Slurry Surfacing Association, Annapolis, MD.
6. ISSA Technical Bulletin 139. Test Method to Classify Emulsified Asphalt/Aggregate Mixture Systems by Modified Cohesion Tester Measurement of Set and Cure Characteristics, International Slurry, Surfacing Association, Washington, DC, 1990.
7. Гамеляк І.П., Островерхий О.Г. Довговічність холодного литого асфальтобетону на бітумній емульсії // Автомоб. дороги і дор. буд-во.- 2001.- Вип. 60.- С. 40-46.
8. Дороги і мости: Збірник наукових праць. Кіщинський С.В., Гончаренко Ю.Ф., Гнатюк Е.М., Досвід та проблеми влаштування на дорогах України тонкошарових покриттів типу «Сларрі Сіл». – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Випуск 10.
9. Климчук С. М. Вимоги до технології влаштування тонкошарових покриттів з сумішей литих емульсійно-мінеральних та холодних асфальтобетонних. // Автошляховик України. - 2003. - № 1. - С. 31-33.
10. Коваль П.М. Міжнародна науково-технічна конференція «Бітумоемульсійні матеріали і технології дорожніх робіт // Автошляховик України. - 2003. - № 3. - С. 32.
11. Островерхий О.Г., Борисенко А.А. Економічна ефективність будівництва шорстких тонкошарових покриттів із емульсійно-мінеральної суміші литої консистенції // Автомоб. дороги і дор. буд-во.- 1999.- Вип. 57.- С. 175-182.
12. AkzoNobel Surface Chemistry. Інформаційний бюлетень відділу дорожніх добавок – Європа. Випуск 80, осінь 2009.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2014

Петр Старзицны
VVUU, a.s. Острава-Радвице, Чехия
ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ ИЗ ПЛАСТИКА

Проведены необходимые испытания автомобильных топливных баков из пластика с точки зрения противопожарной защиты. Определено, какой материал необходим для изготовления автомобильных топливных баков для получения сертификации и разрешения установки баков на соответствующие модели автомобилей.

Ключевые слова: топливный бак, сертификация, испытания, вращательная технология.

TESTS TANKS OF PLASTIC FOR MOTOR VEHICLES

It performs the necessary tests of plastic fuel tanks view of fire protection. It is determined what material is needed for producing such tanks in order to receive a certificate (homologation) and permission to install into the appropriate vehicle models.

Keywords: fuel tank, certification, testing, rotational technology.

ZKOUŠKY NÁDRŽÍ Z PLASTICKÝCH HMOT PRO MOTOROVÁ VOZIDLA

Provádění potřebných zkoušek plastových palivových nádrží hlediska požární ochrany. Určení vhodného materiálu pro výrobu těchto nádrží s cílem získat certifikát (homologaci) a oprávnění k instalaci do modelů vozidel.

Klíčová slova: palivová nádrž, certifikace, testování, rotační technologie.

Постановка проблемы. Топливный бак – это емкость для безопасного хранения горючего определенного вида, предотвращения его утечки и выбросов вследствие испарения. Пластик стал основным материалом, используемым производителями топливных баков. С тех пор производство пластиковых топливных баков в Европе постоянно росло. В настоящее время на долю пластиковых топливных баков приходится более 90% европейского рынка, причем эта доля поделена между баками из однослойного материала и баками, изготавливаемыми по технологии соэкструзии. Доля пластиковых топливных баков в США быстро росла и в настоящее время превысила 90%. Большая часть пластиковых бензобаков в США являются многослойными и произведены по технологии соэкструзии с использованием барьерных материалов на основе сополимера этилена и винилового спирта EVAL™.

Использование пластика для производства топливных баков позволяет сделать автомобиль более безопасным в случае аварии. В отличие от металлических топливных баков, многие пластиковые баки могут сгибаться и сплющиваться, а не разрываться и трескаться с разливом бензина. Это позволяет предотвратить вытекание бензина, которое может стать причиной пожара и взрыва. Применение пластика для производства топливных баков позволяет конструкторам автомобилей оптимизировать пространство, используемое для размещения топливного бака, благодаря возможности придать баку максимально специфическую форму. Пластик может формоваться вокруг предметов любой формы. Помимо этого, пластиковые топливные баки являются устойчивыми к коррозии, тогда как в случае изготовления баков из стали для обеспечения такого же уровня коррозионной стойкости необходимо использовать нержавеющую сталь, что приводит к увеличению затрат.

Цель и задачи исследования. В результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в мире ежегодно гибнет десятки тысяч человек. Распространенной причиной летальных исходов при ДТП является взрыв горючего, вытекающего из поврежденного топливного бака. Такие взрывы приводят к человеческим жертвам и к возникновению масштабных пожаров. Давление в баках в результате взрыва может достигать критических значений, что и приводит к их разрушению, в основном, по наименее прочным местам баков. Поэтому вероятность взрыва паровоздушной смеси сводится к вероятности возникновения источника зажигания. В аварийных ситуациях – это разрушение бака и наличие искры.

Одним из испытаний, проводимым в соответствии со стандартами и предписаниями по аттестации транспортных средств в пожаробезопасности, является испытание огнестойкости топливных баков автомобилей.

Результаты исследования. Испытаниям подвергаются три разных бака, наполненные топливом и установленные таким образом, чтобы сохранялось расположение бака, соответствующее расположению в транспортном средстве. Баки подвергаются воздействию пламени в течение 2 минут, в результате чего не должно произойти утечки топлива в баке.

В случае, если конструкция бака предусматривает установку в транспортных средствах с бензиновым двигателем, при испытании бак на 50% объема наполняется высокооктановым бензином. Топливный бак дизельного автомобиля аналогичен по своему устройству топливному баку автомобиля, работающего на бензине, но в пробке его нет клапанов. Если конструкция бака предусматривает установку в транспортных средствах с дизельным двигателем, то при испытании бак на 50% объема наполняется дизельным топливом.

Каждое испытание проводится на стенде (Рис.1), где бак устанавливается со всеми принадлежностями в положение, как можно больше соответствующее положению бака в транспортном средстве. При установке бака на стенде (Рис.2), принимаются во внимание части транспортного средства, защищающие бак от воздействия пламени, а также влияющие на процесс горения. Все отверстия, кроме вентиляционного, во время испытаний должны быть закрыты.

Пламя, воздействующее на бак транспортного средства с двигателем с воспламенением от искры (бензин), должно возникать при помощи горения топлива на специальной панели, размеры которой выступают за горизонтальную проекцию бака не менее, чем на 20 см, но не более, чем на 50 см.

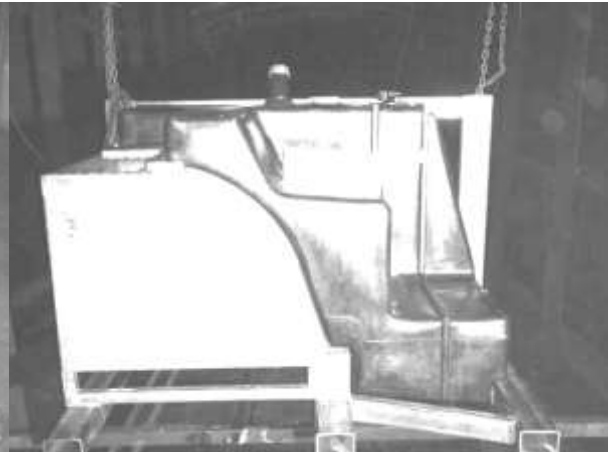
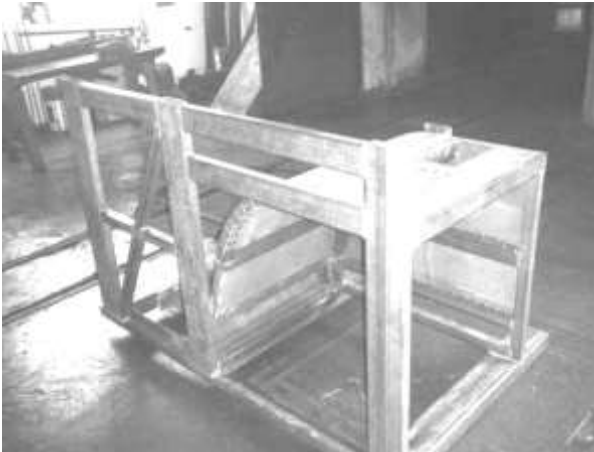


Рис. 1 Испытательный стенд для установки бака

Рис. 2 Испытательный стенд с баком

Панель с топливом размещается под бак (Рис.3) таким образом, чтобы расстояние от поверхности топлива в панели и дном бака соответствовало конструкции уровня бака над поверхностью проезжей части незагруженного транспортного средства. В третьей фазе испытаний пламя на панели перекрывается огнеустойчивым экраном на высоте 3 ± 1 см от уровня топлива на пластине (Рис.4).

Испытания проводятся как в закрытом помещении, так и на открытой площадке. На открытой площадке стенд должен быть защищен от ветра, скорость ветра над поверхностью топлива в пластине не должна превышать 2,5 км/ч.



Рис. 3 Испытательная панель (платформа)

Рис. 4 Экран из огнеупорного кирпича

Испытания топливных баков для транспортных средств проводятся в четыре основных фазы:

Первая фаза -- подогрев топлива на панели. На панель наливается вода (для выравнивания уровня топлива и защиты панели от деформации), панель размещается на расстоянии не менее 3-х метров от стенда с баком. В панель наливается такое количество топлива, чтобы было обеспечено горение в течении не менее 3-х минут. Топливо зажигается и через 60 сек. горения панель помещается под бак.

Вторая фаза – прямое воздействие огнем. На этой стадии бак подвергается воздействию прямого огня в течение 60 сек.

Третья фаза – непрямое воздействие огнем. После окончания второй фазы между горячей панелью и баком располагается экран и бак подвергается воздействию редуцированного пламени в течение следующих 60 сек.

Четвертая фаза – завершение испытаний. Горящая панель помещается в дугогасительную камеру (Рис.5). Горящий бак или стенд после завершения испытаний необходимо погасить.



Рис. 5 Дугогасительная камера

Зависимость между деталями транспортного средства и материала, используемого при изготовлении бака, влияющих на результаты испытаний.

Первое испытание проводилось на стенде для монтажа бака (Рис.1) без боковых стен и пола испытуемого транспортного средства. Испытуемый бак изготовлен при помощи вращательной технологии из материала „PLASTENE R205“ толщиной стен 6 ± 1 мм.



Рис. 6 Бак после испытаний на огнестойкость



Рис.7 Бак после испытаний на огнестойкость

Под воздействием высокой температуры на материал с низкой точкой плавления, а также благодаря тяжелому заправочному отверстию, бак начал плавиться в месте, где не был охлажден дизельным топливом. Топливо из бака начало выливаться. Таким образом, по завершению первого испытания стенд был оснащен боковой стеной и полом транспортного средства (Рис. 8 и 9), в соответствии с предписаниями.



Рис. 8 Боковая стена стенда



Рис.9 Пол стенда

На оснащенный боковой стеной и полом стенд, монтируется бак, изготовленный при помощи вращательной технологии из материала „PLASTENE R205“ толщиной стен 6 ± 1 мм. Были проведены два испытания огнестойкости бака, в результате которых благодаря тяжелому заправочному отверстию бак был деформирован, но топливо, находящееся в баке, не вытекло (Рис.10). При проведении третьего испытания на оснащенный боковой стеной и полом стенде в течение третьей фазы испытания, благодаря более тонкой стене, бак был деформирован, топливо вытекало, бак сгорел (Рис.11). Таким образом, испытания не были признаны. Материал „PLASTENE R205“ толщиной стен 6 ± 1 мм. не может быть использован для изготовления автомобильных топливных баков.

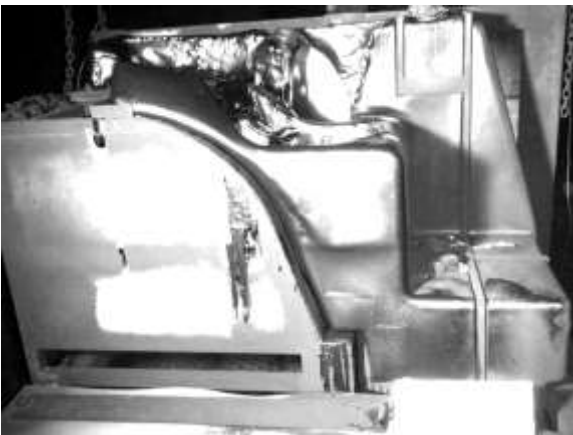


Рис. 10 Бак после испытания



Рис. 11 Стенд с остатками бака

Для повторных испытаний баки были изготовлены при помощи вращательной технологии из материала „REVOLVE XL400“ толщиной 7 ± 1 мм.



Рис. 12 и 13 Баки из материала REVOLTE после испытаний



Рис. 14 и 15 Сравнение результатов испытаний бака из материала „PLASTENE R205“ и „REVOLVE XL400“

Выводы. В результате испытаний было подтверждено какое влияние оказывают результаты испытаний, с точки зрения повышения безопасности пассажиров во время дорожного движения, Применение пожаровзрывобезопасных баков, элементов защиты, так и используемых материалов. спасает жизни людей и снижает разрушительные последствия при возникновении аварийных и катастрофических ситуаций. В испытуемую документацию входит договор о подтверждении исполнения отдельных технических правил для колесных транспортных средств, оборудования и деталей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах, а также об условиях двухстороннего подтверждения результатов сертификации, проводимой в соответствии с вышеописанными правилам. Топливные баки и услуги по их установке должны быть сертифицированы.

1. Директива/постановление № 34 – Приложение № 5. – Чехия, 2012

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014

И.А.Таран
ДВНЗ "Національний гірничий університет"
МОНИТОРИНГ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ТРАНСМИССИЙ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
СТОХАСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

Применительно к трансмиссиям транспортных средств работающих в относительно стабильном технологическом процессе, предложенная система критериев позволяет: а) определить наиболее рациональное множество конструктивных параметров трансмиссии с точки зрения максимума среднеинтегрального к.п.д.; б) применить на основе известных регулярных методов оптимизации технологию структурного и параметрического синтеза бесступенчатых трансмиссий; в) производить мониторинг альтернативных вариантов схемных решений трансмиссий еще на этапе проектирования и научно обосновано выбирать наиболее эффективную трансмиссию.

Ключевые слова: транспортное средство, трансмиссия, синтез, система критериев, конструктивный параметр, критерий качества.

Рис 4. Форм 5. Лит 7.

Стосовно трансмісії транспортного засобу, що працює у відносно стабільному технологічному процесі, запропонована система критеріїв дозволяє: а) визначити найбільш раціональну множину конструктивних параметрів трансмісії з точки зору максимуму середньоінтегрального к.к.д.; б) застосовувати на основі відомих регулярних методів оптимізації технологію структурного і параметричного синтезу безступінчастих трансмісій; в) здійснювати моніторинг альтернативних варіантів схемних рішень трансмісій ще на етапі проектування і науково обґрунтовано обирати найбільш ефективну трансмісію.

Ключові слова: транспортний засіб, трансмісія, синтез, система критеріїв, конструктивний параметр, критерій якості.

Development and evaluation of integral criteria system for transmissions of vehicles for objective comparison of the alternatives. Available mathematical formalization of optimum criteria is proposed without taking into consideration fuel efficiency. The system cannot be complete without formalization and transformation of the key factor into integral stochastic criterion. Theoretical studies of transmissions are based on the key issues of theory of machines and mechanisms and on the theory of closed double-split transmissions.

Rational vector of design parameters for mechanical transmission is determined in a computer-interaction mode basing on maximization of criteria according to dynamic factor and transmission efficiency and minimization of criteria according to heat emission and fuel consumption. As for transmission of a mine diesel locomotive operating in relatively stable technological process, the system of criteria allows: a) determining optimum set of transmission design parameters from the viewpoint of mean integral efficiency; b) applying a technique of structural and parametrical synthesis of stepless transmissions using known regular optimization methods; c) monitoring alternatives of transmission circuitry at a design stage applying scientific substantiation to select the most efficient transmission. Criteria system to evaluate efficiency of transmission of transport vehicle has been improved owing to correction of vectors of structurally variable parameters and proposed new integral criterion according to fuel efficiency. That makes it possible to compare objectively basic technical and economic parameters of transmissions specifying their rational or optimal design parameters.

Practical value is to use improved criteria system for substantiation of transmission type providing required moving force and stepless regulation of transport vehicle speed within the given range when diesel engine operates with constant crankshaft rotation frequency providing minimum emissions and fuel consumption.

Keywords: transport vehicle, transmission, synthesis, criteria system, design parameter, quality criterion.

Введение. В каждом транспортном средстве, независимо от массово-габаритных характеристик, типа используемого двигателя и функционального предназначения, для трансформации крутящего момента и угловой скорости двигателя применяется трансмиссия. При мониторинге и оценке рациональных векторов Γ [1] конструктивных параметров трансмиссий, так и при оценке эффективности трансмиссий в целом, необходимо учитывать наиболее вероятные режимы движения транспортного средства, близкие к математическому ожиданию эксплуатационных скоростей, а на этих скоростях – при наиболее вероятных коэффициентах сцепления, то есть реальные технологические режимы загрузки транспортного средства.

Анализ последних достижений и публикаций. Математическая формализация критериев оптимальности – по тяговой динамике, к.п.д. трансмиссий и по суммарной мощности тепловыделений – как функции векторного аргумента $\Gamma(i_1, i_2, \dots, i_m, k_1, k_2, \dots, k_n)$ основных конструктивных параметров впервые предложена для ступенчатой механической трансмиссии в работах [2, 3] и для двухпоточных гидрообъемно-механических трансмиссий (ГОМТ) – в работе [4]. В указанных работах введены и используются три основных критерия оптимальности в виде формализованных критериальных объемов \bar{W}_{Dp} , \bar{W}_{np} и $\bar{W}_{\Delta np}$, тесно связанных соответственно с интегральным стохастическим критерием по тяговой динамике W_{Dp} , интегральным стохастическим критерием по

КПД $W_{\text{тп}}$ и интегральным стохастическим критерием по мощности тепловыделений ΔN в трансмиссии $W_{\Delta N\text{тп}}$.

Цель исследования, постановка задач. Разработать и апробировать интегральную систему критериев оценки работы трансмиссий транспортных средств для объективного сравнения альтернативных вариантов. Существующая математическая формализация критериев оптимальности предложена без учета топливной экономичности. Без формализации и трансформации этого важнейшего показателя в интегральный стохастический критерий качества предложенная система критериев не является полной.

Материалы исследования. В работе [4] не совсем корректно утверждается, что «пределы интегрирования, удельная сила тяги тягово-транспортной машины, к.п.д. и относительная мощность тепловыделений в ГОМТ являются функциями варьируемых переменных – всех или большей части передаточных отношений и рабочего объема гидромашин, используемых в ГОП». Некорректность состоит в том, что на удельную силу тяги тягово-транспортной машины, на его к.п.д. и относительную мощность тепловыделений в его трансмиссии, на расход топлива дизельного двигателя и производительность в целом влияют не только передаточные отношения и рабочий объем гидромашин, а и наиболее вероятный коэффициент сцепления в интервале скоростей $V \in [V_1; V_2]$, масса транспортного средства и номинальная эксплуатационная мощность двигателя. Более корректно и обобщенно интегральные стохастические критерии по тяговой динамике $W_{\text{Др}}$, по к.п.д. ГОМТ $W_{\text{тп}}$ и по мощности тепловыделений ΔN в трансмиссии $W_{\Delta N\text{тп}}$ предлагается записывать в виде:

$$\bar{W}_{\text{Др}} = \int_{\bar{V}_1}^{\bar{V}_2} D(\Gamma, \bar{V}, f) \cdot \bar{p}(\bar{V}) d\bar{V} \quad (1)$$

$$\bar{W}_{\text{тп}} = \int_{\bar{V}_1}^{\bar{V}_2} \eta(\Gamma, \bar{V}, f) \cdot \bar{p}(\bar{V}) d\bar{V} \quad (2)$$

$$\bar{W}_{\Delta N\text{тп}} = \int_{\bar{V}_1}^{\bar{V}_2} \Delta \bar{N}(\Gamma, \bar{V}, f) \cdot \bar{p}(\bar{V}) d\bar{V} \quad (3)$$

В формулах (1) – (3) $D(\Gamma, \bar{V}, f)$, $\eta(\Gamma, \bar{V}, f)$ и $\Delta \bar{N}(\Gamma, \bar{V}, f)$ – соответственно законы изменения удельной силы тяги тягово-транспортной машины, КПД трансмиссии и относительной мощности тепловыделений в ней как функции вектора $\Gamma(i_1, i_2, \dots, i_m, k_1, k_2, \dots, k_n)$ конструктивных варьируемых параметров, относительной скорости $\bar{V} = V/V_{\text{max}}$; \bar{V}_1, \bar{V}_2 – минимальная и максимальная относительные скорости, соответствующие заданному интервалу реальных эксплуатационных скоростей V_1 и V_2 ; f – коэффициент сопротивления движению; $\bar{p}(\bar{V})$ относительная плотность распределения относительных эксплуатационных скоростей движения :

$$\bar{p}(\bar{V}) = \exp\left\{-0,5\left[\frac{(\bar{V} - M(\bar{V}))}{\sigma(\bar{V})}\right]^2\right\}, \quad (4)$$

где: $M(\bar{V})$ и $\sigma(\bar{V})$ – математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение случайной величины \bar{V} .

На рис. 1 приведена пространственная иллюстрация стохастических критериев по тяговой динамике $W_{\text{Др}}$, по КПД $W_{\text{тп}}$ и по мощности тепловыделений $W_{\Delta N\text{тп}}$ определенная для двухдиапазонной бесступенчатой трансмиссии. Построение поверхностей удельной силы тяги, КПД и мощности тепловыделений удобно проводить в единичном кубе с осями в виде относительной скорости \bar{V} , относительной плотности распределения вероятности $\bar{p}(\bar{V})$ эксплуатационных скоростей и динамического фактора D , который также ограничен единицей. Величина ΔN также нормирована своим максимальным значением ΔN_{max} и по оси $\Delta \bar{N}$ также откладываются относительные значения мощности тепловыделений, не превосходящие единицу. Геометрический смысл формализованных объемов $\bar{W}_{\text{Др}}$, $\bar{W}_{\text{тп}}$ и $\bar{W}_{\Delta N\text{тп}}$ совпадает с геометрическим смыслом интегралов в выражении

ях (1) – (3). Это – объемы прямых неправильных призм $\bar{V}_1\bar{V}_2CEGFC'E'$ под выделенными поверхностями, ограниченные в основании единичного куба плоскостью между кривой относительной плотности распределения $\bar{p}(\bar{V})$ и осью OV , двумя плоскостями $EE'G\bar{V}_1$ и $CC'F\bar{V}_2$, перпендикулярными основанию и оси OV , пересекающими ее в точках \bar{V}_1 и \bar{V}_2 , поверхностью ее вертикальных образующих и частью $GF\bar{V}_2\bar{V}_1$ наиболее удаленной грани куба (рис. 1 б). Рассмотренные прямые неправильные призмы под выделенными поверхностями входят в параллелепипеды $AB\bar{V}_2\bar{V}_1A'B'\bar{V}'_2\bar{V}'_1$ с единичными высотами, объемы W_{12} которых численно равны разности $\bar{V}_2 - \bar{V}_1$.

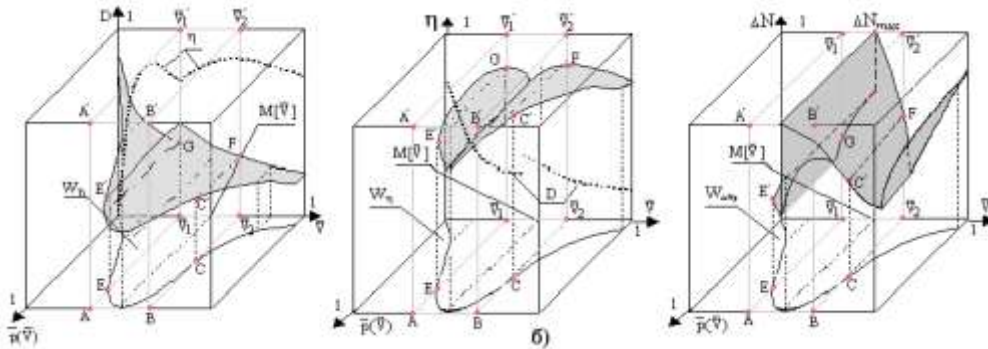


Рис. 1. Иллюстрация интегральных стохастических критериев W_{Dp} , W_{np} и W_{Dnp} . Для бесступенчатых трансмиссий транспортных средств

В целом в работах [1-4] введены и используются только три критерия оптимальности в виде формализованных критериальных объемов \bar{W}_{Dp} , \bar{W}_{np} и \bar{W}_{Dnp} . К сожалению, авторы этих работ ничего не упоминают о таком важном технико-экономическом показателе как топливная экономичность. Без формализации и трансформации этого важнейшего показателя в интегральный стохастический критерий качества предложенная в работах [1-4] система критериев не является полной. Интегральный стохастический критерий W_{Qp} по топливной экономичности предлагается записывать в виде

$$\bar{W}_{Qp} = \int_{\bar{V}_1}^{\bar{V}_2} Q(\Gamma, \bar{V}, f) \cdot \bar{p}(\bar{V}) d\bar{V} \quad 5)$$

где $Q(\Gamma, \bar{V}, f)$ – мгновенный часовой расход ДВС транспортного средства, как функция вектора Γ конструктивных варьируемых параметров бесступенчатой трансмиссии, относительной скорости $\bar{V} = V/V_{max}$ (\bar{V}_1, \bar{V}_2 – минимальная и максимальная относительные скорости заданного интервала реальных эксплуатационных скоростей V_1 и V_2) и коэффициента сцепления f ; $\bar{p}(\bar{V})$ – относительная плотность распределения относительных эксплуатационных скоростей движения. Геометрически интегральный стохастический критерий W_{Qp} по топливной экономичности представляет объем фигуры, выделенной в координатах $\bar{p}(\bar{V}), \bar{V}$ и Q . На рис. 2 приведена предлагаемая авторами пространственная иллюстрация четвертого, интегрального стохастического критерия по топливной экономичности W_{Qp} . Определение рационального вектора конструктивных параметров в режиме диалога с компьютером строится на удовлетворении стохастических интегральных критериев, которые формализованы группами соотношений (1) – (3) и (5) – причем первые пары указанных соотношений – стохастические интегральные критерии по тяговой динамике и коэффициенту полезного действия – должны в процессе расчетно-теоретического обоснования бесступенчатых трансмиссий максимизироваться, а вторые пары этих соотношений – интегральные стохастические критерии по мощности тепловыделений в трансмиссии и введенный интегральный стохастический критерий по топливной экономичности, должны минимизироваться с учетом ограничений конструктивного и эксплуатационного порядка.

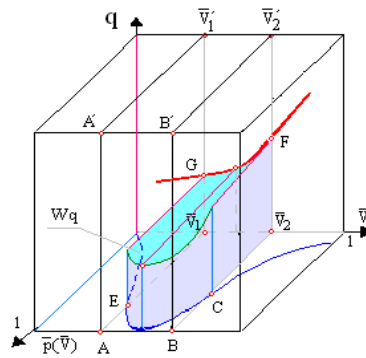


Рис. 2. Пространственная иллюстрация интегрального стохастического критерия по топливной экономичности W_{Op}

Следует особо отметить, что только первый и четвертый критерии являются антагонистическими. Таким образом, поиск рационального вектора конструктивных параметров является в целом достаточно сложной и громоздкой задачей параметрического синтеза – многокритериальной оптимизационной задачей, в которой в будущем должны появиться системы экспертных оценок, логика определения весовых коэффициентов в аддитивном обобщенном функционале качества или их назначение лицом, принимающим решение.

В качестве примера определим рациональный вектор конструктивных параметров для ступенчатой механической трансмиссии [5] (рис.3) в режиме диалога с ПЭВМ на основании максимизации первых двух критериев по динамическому фактору и к.п.д. трансмиссии, и минимизации критериев по тепловыделениям и расходу топлива (1) – (2), (3) – (5).

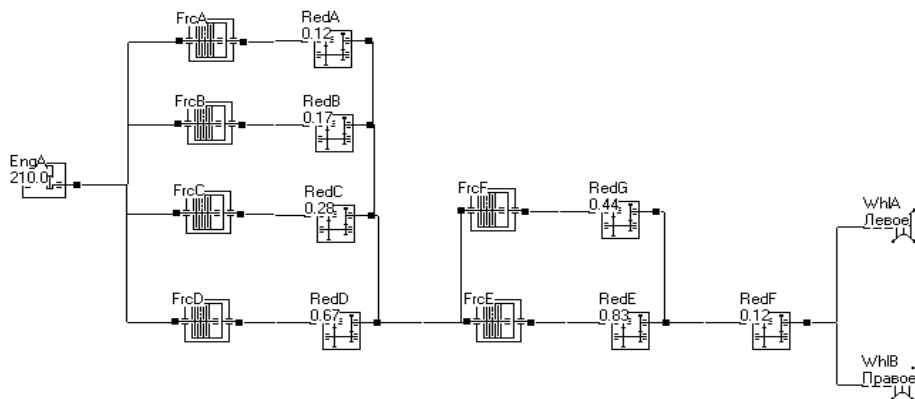


Рис. 3. Структурная схема ступенчатой механической трансмиссии: EngA – двигатель; FrcA, FrcB, FrcC, FrcD, FrcE и FrcF – фрикционы; RedA, RedB, RedC, RedD, RedG, RedE и RedF – редукторы; WhlA и WhlB – ведущие оси.

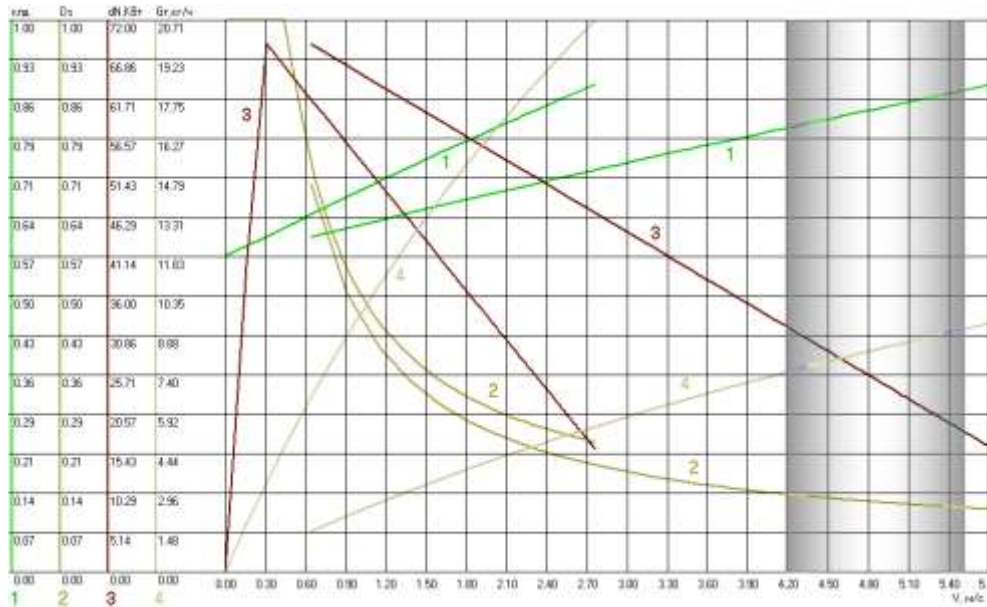
Результаты этих исследований приведены на рис. 4.

На рис. 4, а представлены зависимости полного к.п.д. (кривые 1), динамического фактора (кривые 2), мощности тепловыделений в трансмиссии (кривые 3), почасового расхода топлива (кривые 4) от скорости при работе ГОМТ №1 в составе дизельпоезда массой 10 т на первом тяговом и втором транспортном диапазонах. При расчетах принято (первый столбец данных на рис. 4, б): математическое ожидание эксплуатационной скорости дизельпоезда – $M[V] = 18$ км/ч (5 м/с); скоростной интервал построения интегральных стохастических критериев качества $V_1 = 16$ км/ч (4,44 м/с); $V_2 = 20$ км/ч (5,56 м/с); среднеквадратическое отклонение $\sigma[V] = 2$ км/ч (0,56 м/с).

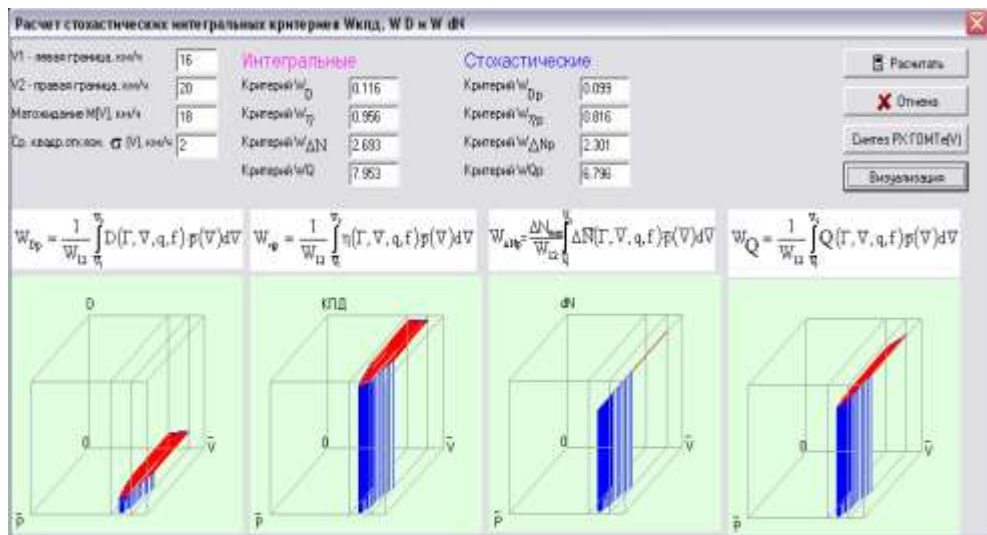
На рис. 4, б представлены значения среднеинтегральных критериев W_D , W_η , W_{AN} , W_Q (второй столбец данных), вычисленные по результатам работ [6, 7]. На том же рисунке в третьем столбце данных приведены значения стохастических интегральных критериев, вычисленных по группе формул (1) – (3), (5) и их трехмерная визуализация.

Таким образом, научная новизна работы заключается в следующем – за счет предложенного нового интегрального критерия по топливной экономичности усовершенствована система критериев

для оценки эффективности работы бесступенчатых трансмиссий транспортных средств, позволяющая объективно сравнивать основные технико-экономические параметры трансмиссий и определять их рациональные (оптимальные) конструктивные параметры. Практическая значимость заключается в использовании усовершенствованной системы критериев для обоснования типа трансмиссии, обеспечивающей необходимое тяговое усилие и бесступенчатое регулирование скорости движения транспортного средства в заданном диапазоне при работе дизельного двигателя с постоянной частотой вращения коленвала, обеспечивающей минимальные выбросы и потребление топлива.



а) полный к.п.д. (1), динамический фактор (2), мощность тепловыделений (3), почасовой расхода топлива (4)



б) визуализация интегральных стохастических критериев

Рис. 4. Интегральные стохастические критерии для ступенчатой механической трансмиссии

Выводы и перспективы использования.

1. Для механических трансмиссий колесных и гусеничных транспортных средств модернизированы и обобщены интегральные стохастические критерии по тяговой динамике W_{Dp} , по к.п.д. W_{np} , по мощности тепловыделений ΔN в трансмиссии $W_{\Delta Np}$.

2. Введен новый интегральный стохастический критерий по топливной экономичности и предложена обобщенная интегрированная система критериев, позволяющая не только объективно сравнивать их основные технико-экономические параметры, но и определять по введенным выше

критериям наиболее рациональные или оптимальные конструктивные параметры.

3. Для решения в будущем научной проблемы структурного и параметрического синтеза для перспективных бесступенчатых и ступенчатых трансмиссий в составе тягового транспорта система предложенных интегральных стохастических критериев качества, позволяющая провести объективное сравнение альтернативных вариантов трансмиссий, будет иметь решающее значение.

1. Самородов В.Б. Проблемы и направление теоретических исследований в области гидрообъемно-механических трансмиссий в Украине // *Механика и машиностроение.* –1998.–№1. – С.105-109.
2. Самородов В.Б. Оптимизация передаточных отношений механической ступенчатой трансмиссии по критерию наилучшей тяговой динамики транспортной машины // *Информационные технологии: наука, техника, технология, оборудование, здоровье.* – Харьков, 1997. –С.371-377.
3. Самородов В.Б. Алгоритм оптимизации передаточных отношений механической ступенчатой трансмиссии по критерию наилучшей тяговой динамики гусеничной машины // *Вісник ХДПУ. Збірник наукових праць.*– Харків: ХДПУ.– 1999. – Вип 36. – С.135-140.
4. Самородов В.Б., Новикова Л.В., Полунин В.Г. О рациональном выборе передаточных отношений планетарных рядов гидрообъемно-механической трансмиссии транспортной машины // *Конструирование и исследование тракторов.*– Харьков: Вища школа.– 1985.– Вып.6.–С.45-48.
5. Таран И.А. Конструктивные параметры двухпоточных гидрообъемно-механических и электрических бесступенчатых трансмиссий шахтных дизелевозов / И.А. Таран // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2011. – № 1. – С. 105 – 108.
6. Таран И.А. Система интегральных стохастических критериев для трансмиссий транспортных средств / И.А. Таран // *Наукові нотатки.* – 2010. – Вип. 28. – С. 519 – 523.
7. Таран И.А. Среднеинтегральный КПД бесступенчатых двухпоточных трансмиссий шахтного дизелевоза / И.А. Таран // *Матеріали Всеукр. міжвуз. наук.-техн. конф. «Сучасні технології в промисловому виробництві».* – Суми: Сумський державний університет, 2010. – Ч. II. – С. 155 – 156.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2014

УДК 625.7

О.М.Тимченко

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
МОНІТОРИНГ ТА ПРОГНОЗ РУЙНУВАННЯ СХИЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ
СІМФЕРОПОЛЬ-ЯЛТА-СЕВАСТОПОЛЬ**

В роботі наведено структуру оцінки ураженості зсувами автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь на основі даних моніторингу та визначення узагальненого показника ураженості зсувними процесами.

Ключові слова: моніторинг зсувного схилу, узагальнений показник ураженості, зсувний процес.

Рис 2. Табл 2.Літ 14

О.Н.Тимченко

**МОНІТОРИНГ И ПРОГНОЗ РАЗРУШЕНИЯ СКЛОНОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ
СИМФЕРОПОЛЬ-ЯЛТА-СЕВАСТОПОЛЬ**

В работе приведена структура оценки пораженности оползневыми процессами автомобильной дороги Симферополь-Ялта-Севастополь на основе данных мониторинга и определения обобщенного показателя пораженности оползневыми процессами.

Ключевые слова: мониторинг оползневого склона, обобщенный показатель пораженности, оползневой процесс.

O.Tymchenko

**MONITORING AND FAILURE FORECAST OF SLOPES OF SIMFEROPOL-YALTA-
SEVASTOPOL HIGHWAY**

Release of landslides is considered on the highway of Simferopol-Yalta-Sevastopol. In the article the structure of landslide damage estimation on Simferopol-Yalta-Sevastopol highway is resulted on the basis of test data of monitoring and defination of an overall index of damage by landslide processes. By this index the degree of stability of landslide dangerous area is grounded and experimental areas are taken to the characteristic types of landslide deformations and basic protective measures are defined.

Keywords: monitoring of landslide slope, overall index of damage, landslide process.

Постановка проблеми. На території України зафіксовано понад 20 тис. зсувів і їх кількість постійно зростає. Активізація зсувів у багатьох регіонах має руйнівний, а іноді катастрофічний характер. Тільки за останні роки від зсувів постраждали гірські райони Закарпатської області, численні об'єкти в Автономній Республіці Крим, будівлі в м.м. Дніпропетровську, Дніпродзержинську, Чернівцях, Луганську та багатьох інших населених пунктах. Це створює постійну загрозу виникненню надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, а також небезпеку для здоров'я та життя людей.

Кримський півострів характеризується складними геоморфологічними умовами, що характерні для гірських територій. В даному регіоні виникає постійна загроза виникнення нових та активізації існуючих екзогенних геологічних процесів. Особливе місце серед них займають зсуви. На сьогодні їх кількість близько 1600, з яких більше 450 вважаються активними [1]. Значної шкоди зсуви завдають автомобільним дорогам, спричинюючи деформації земляного полотна, а в деяких випадках і повну руйнацію проїзної частини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як зазначають дослідники [2-9], незважаючи на певні досягнення у розумінні механізмів зсувів різних типів та за наявності можливості проведення розрахунків за допомогою чисельних моделей, передбачення початку катастрофічного швидкого руху та відповідного поширення (викиду) зсувних мас і досі видається надзвичайно важким. Тобто відповідь на основне питання, коли та з якими параметрами відбудеться руйнування схилу й чи буде воно мати катастрофічні наслідки, залежить від багатьох факторів, які можна отримати на основі досвіду, використання аналогів у зсувонебезпечних місцях зі схожими умовами, аналізу результатів моніторингу. Жодний із цих підходів не є безпомилковим, і тому часто вони використовуються всі разом [10].

Вивченням зсувних зміщень в гірських регіонах України займалося багато авторів, серед них можна виділити Білеуша А.І., Ємельянову Є.П., Герасимчука В.О., Круцика М.Д., Єриша І.Ф.,

Саломатіна В.М., Казарновського В.Д., Коробанову І.Г., Рудька Г.І та ін. Також багато організацій проводили вишукування на зсувних ділянках вздовж автомобільних доріг.

Методика оцінювання механізму, прогнозу розміру (довжини виносу) та швидкості руху зсуву ґрунтується на феноменологічному підході до визначення типології зсувів, який розроблено у працях М.М. Маслова, К. Терцагі, О. Енгра (O. Hungt) та інших [10-12].

Об'єктом дослідження є автомобільна дорога Сімферополь-Ялта-Севастополь. Транспортне й господарське значення даної автомобільної дороги надзвичайно велике, але функціонування може значно знижуватися через розповсюдження сучасних екзогенних процесів, а саме зсувів [6]. Обумовлено це складними геоморфологічними та інженерно-геологічними умовами, що є характерними для району досліджень.

Службою автомобільних доріг в Автономній республіці Крим розроблена Програма інженерного захисту автомобільних доріг із залученням науково-дослідних проектних інститутів і застосуванням сучасних будівельних матеріалів і новітніх технологій, визначені першочергові заходи щодо ремонту аварійних ділянок автомобільних доріг. Проте кожен зсув має свої особливості і вимагає індивідуального підходу. На даний час не існують точні моделі порушення стійкості схилів і достовірні початкові дані для оцінювання зсувів. В зв'язку з цим виникає необхідність розробки методів визначення коефіцієнтів ураженості ділянок автомобільних доріг зсувними процесами, а також моніторинг їх небезпеки.

Таким чином, метою дослідження є визначення узагальненого показника ураженості ділянок автомобільних доріг зсувними процесами і віднесення даних ділянок до характерних типів руйнування порід на схилах поблизу автомобільних доріг, для яких визначені основні особливості оцінки стійкості та запропоновані захисні заходи.

Основні результати дослідження. В рамках дослідження було проведено моніторинг автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь для визначення коефіцієнтів ураженості ділянок автомобільної дороги зсувними процесами. Для цього було потрібно проведення ретельних і систематичних спостережень за зміщенням мережі зсувних точок, що встановлені на поверхні зсувів і отримання векторів зміщення. Точки, за якими велись спостереження, закріплювались у вигляді постійних знаків - реперів (рис. 1), що встановлювались через 50 м в зоні спостережень.



Рис. 1. Загальний вид ґрунтового репера

В межах автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь визначається нерівномірна ураженість зсувними процесами [13], що дозволило виділити різні ділянки по цих величинах і визначити структуру оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільної дороги (рис. 2).

На першому рівні структури виділяються основні ділянки автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь, що схильні до зсувних процесів. На другому рівні структури визначаються критерії, що характеризують зсуви: довжина (Д); ширина (Ш); потужність (П); середня крутизна схилу (СКС); активність (А). На третьому рівні структури визначається узагальнений коефіцієнт ураженості K_z зсувними процесами ділянок автомобільних доріг, що визначається за розробленою залежністю [14]:

- для території Криму:

$$K_{\zeta} = 0,55 + 0,85 \cdot K_S \cdot \lg m, \quad (1)$$

де K_I – коефіцієнт лінійної ураженості ділянки зсувними процесами, що визначається за залежністю:

$$K_I = \frac{L_{\text{зсув}}}{L_{\text{д}}}, \quad (2)$$

де $L_{\text{зсув}}$ – довжина ділянки, що уражена зсувними процесами, м;

$L_{\text{д}}$ – загальна довжина досліджуваної ділянки, м.

K_S – коефіцієнт площинної ураженості ділянки зсувними процесами, що визначається за залежністю:

$$K_S = \frac{S_{\text{зсув}}}{S_{\text{д}}}, \quad (3)$$

де $S_{\text{зсув}}$ – площа ділянки, що уражена зсувними процесами, м²;

$S_{\text{д}}$ – загальна площа досліджуваної ділянки, м².

Коефіцієнт зволоженості території m залежить від висоти місцевості над рівнем моря H_m і визначається за залежністю:

- для території Криму:

$$m = 0,58 + 0,0017 \tilde{H} / H_1. \quad (4)$$

На четвертому рівні структури за допомогою узагальненого показника ураженості обґрунтовано ступінь стійкості зсувонебезпечної ділянки та віднесено експериментальні ділянки до характерних типів зсувних деформацій, для яких визначено основні захисні заходи.

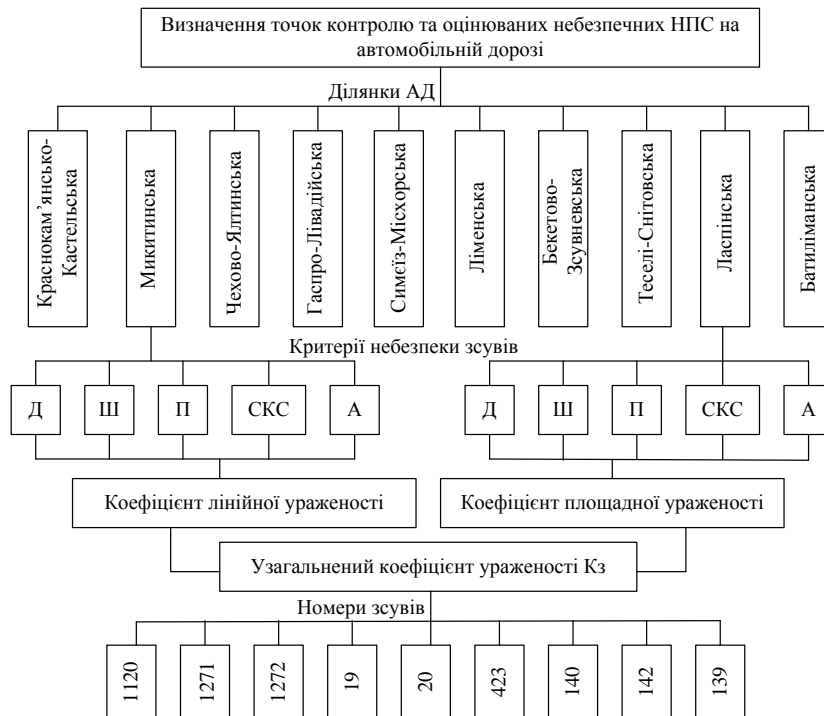


Рис. 2. Структура оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь

У таблиці 1 наведено розрахункові значення коефіцієнтів лінійної, площинної та узагальної ураженості зсувними процесами ділянок автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь, що були одержані за допомогою геодезичних методів спостереження за зміщенням зсуву. Для цього використовували осьові методи для визначення зміщення точки по відношенню до заданої лінії, а саме метод відстаней. Цей метод полягає в систематичному вимірюванні відстаней між нерухомими опорними знаками та рухомими (зсувними) точками. Вимірювання проводились сталевую рейкою завдовжки 20 м та лазерним нівеліром.

Таблиця 1.

Розрахункові значення коефіцієнтів лінійної, площинної та узагальної ураженості зсувними процесами автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь

№ п/п	Назва ділянок	Висота над рівнем моря, Н, м	Коефіцієнт лінійної ураженості, K_l	Коефіцієнт площинної ураженості, K_s	Коефіцієнт зволоженості території, m	Розрахункова вологість, %	Узагальнений коефіцієнт ураженості ділянки, K_3
1	Краснокам'янсько-Кастельська, км 704	400	0,31	0,1	1,26	66	0,58
2	Микитинська, км 708	450	0,24	0,2	1,345	68	0,60
3	Чехово-Ялтинська, км 724	450	0,44	0,3	1,345	68	0,70
4	Гаспро-Лівадійська, км 2	450	0,04	0,5	1,345	68	0,57
5	Симеїз-Місхорська, км 14	450	0,35	0,2	1,345	68	0,63
6	Ліменська, км 22	500	0,47	0,04	1,345	70	0,56
7	Бекетово-Зсувневська, км 30	630	0,50	0,6	1,651	76	0,97
8	Теселі-Снітовська, км 32	600	0,42	0,7	1,6	74	0,95
9	Ласпінська, км 47	550	0,22	0,1	1,515	72	0,58
10	Батиліманська, км 53	450	0,15	0,06	1,345	68	0,56

Згідно з отриманими результатами найбільше значення узагального коефіцієнту ураженості ділянок має Бекетово-Зсувневська ділянка.

Тому більш детально було розглянуто ділянку дороги – Бекетово-Зсувневська, а також параметри та характеристики зсувів, що знаходяться на цій ділянці (табл. 2) для визначення чисельних діапазонів узагального показника ураженості зсувними процесами для кожного виду зсувних деформацій.

Таблиця 2.

Параметри та характеристики зсувів Бекетово-Зсувневської автомобільної дороги Н-19 Ялта-Севастополь

Номер зсуву	Найменування зсуву, причини і рік утворення, місцеположення відносно дороги	Довжина (Д), ширина (Ш), потужність (П), середня крутизна схилу (СКС)	Активність зсувів (А), рік спостереження – лінійна K_l / площинна K_s , ураженість		Узагальнений коефіцієнт ураженості ділянки, K_3
1	2	3	4		5
1120	«Зсувнево-дорожній». Виник: III – 1982 р. Перші ознаки з	80 70	90 – 0,2/0 91 – 0,86/0,1	02 – 0,49/0,35 03 – 0,5/0,4	0,95

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6
	весни 1967 р. Виїмка проводилась вибуховим способом із 1966-1967 рр.	4-5 25°	92 – 0,55/0,45 93 – 0,62/0,5 94 – 0,5/0,6 95 – 0,5/0,3 96 – 0,55/0,45 97 – 0,6/0,5 98 – 0,6/0,5 99 – 0,35/0,55 00 – 0,49/0,35 01 – 0,5/0,62	04 – 0,62/0,4 05 – 0,6/0,5 06 – 0,4/0,55 07 – 0,43/0,5 08 – 0 09 – 0 10 – 0 11 – 0 12 – 0	
1271	«Західно-Кикенеїзський-3» у 350 м на південь від с. Обвальне, на 108 км Сімферополь-Севастополь. 2000 р. Виник у 1997 р. Ознаки з 1995 р. Підсічка при будівництві дороги Ялта-Севастополь 1966-1967 рр.	150 50 10-15 14°	06 – 0,1/0,15 07 – 0,03/0,05 08 – 0,05/0,1 09 – 0 10 – 0 11 – 0 12 – 0		0,86
1272	«Західно-Кикенеїзський-4» у 500 м на південь від с. Обвальне, на 108 км а/д. 2000 р. Виник у 1997 р. Ознаки з 1985 р. Пригрузка відвалами ґрунту при будівництві автомобільної дороги	150 50 5-8 18°	05 – 0,5/0,45 06 – 0,62/0,5 07 – 0,5/0,5 08 – 0,52/0,46 09 – 0,55/0,45	10 – 0,62/0,4 11 – 0,43/0,5 12 – 0	0,81

19	«Кикенізьський» Ялтинський р-н, сел. Оползневе 1962-1978 рр. Абразія, пере-зволоження.	300 240 18-19 13°	91 – 0,5/0,2 92 – 0,5/0,2 93 – 0,35/0,22 94 – 0,37/0,25 95 – 0,6/0,29 96 – 0,35/0,25 97 – 0,5/0,2 98 – 0,37/0,25 99 – 0,35/0,25 00 – 0,35/0,22 01 – 0,37/0,25 02 – 0,93/0,1	03 – 0,96/0,05 04 – 0,5/0,2 05 – 0,35/0,22 06 – 0,35/0,25 07 – 0,35/0,25 08 – 0,93/0,1 09 – 0,93/0,1 10 – 0,35/0,25 11, 12 – 0,93/0,1	0,86
20	«Східно-Кикенізьський». Ерозія, перезволоження, підсічка схилу при будівництві дороги 1966 р.	582 235 10-13 24°	91 – 0,21/0,3 92 – 0/0 93 – 0,25/0,15 94 – 0,2/0,3 95 – 0,3/0,2 96 – 0,5/0,2 97 – 0,3/0,2 98 – 0,25/0,15 99 – 0,05/0,2 00 – 0,2/0,3 01 – 0,93/0,1	02 – 0/0 03 – 0,2/0,3 04 – 0,35/0,25 05 – 0,96/0,05 06 – 0,32/0,24 07 – 0/0 08 – 0,93/0,1 09 – 0,25/0,2 10 – 0,25/0,2 11 – 0,4/0,3 12 – 0,96/0,05	0,68

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6
423	«Понізовка-дорожній». Пригрузка перезволоженого поверхневими водами схилу насипом при будівництві дороги. 1966 р.	180 50 5-6 20°	90 – 0,3/0,5 91 – 0,5/0,3 92 – 0,49/0,28 93 – 0,2/0,1 94 – 0,5/0,3 95 – 0,49/0,28 96 – 0,52/0,32 97 – 0,6/0,29 98 – 0,49/0,28 99 – 0,52/0,32 00 – 0,45/0,35 01 – 0,43/0,29	02 – 0,46/0,32 03 – 0,59/0,22 04 – 0,29/0,48 05 – 0,5/0,3 06 – 0,6/0,29 07 – 0,5/0,3 08 – 0/0 09 – 0,49/0,26 10 – 0,49/0,26 11 – 0,45/0,35 12 – 0,5/0,3	0,63
140/ 141	«Кацивелі VI» Ялтинський р-н, сел. Кацивелі, в 1,4 км від гирла яру. 1962-1978 рр. Ерозія, пригрузка схилу насипом і перезволоження ґрунтів основи насипу. 1962 р.	30 36 3-4 20°	90 – 0,17/0,20 91 – 0,01/0,1 92 – 0,1/0,2 93 – 0,1/0,05 94 – 0,3/0,1 95 – 0,5/0,2 96 – 0/0 97 – 0,04/0,01 98 – 0/0 99 – 0,2/0,1 00 – 0,1/0,1	01-02 – 0/0 03 – 0,6/0,5 04 – 0,5/0,3 05 – 0,2/0,1 06 – 0,05/0,02 07,08 – 0/0 09,10 – 0,05/0,02 11 – 0,05/0,02 12 – 0,03/0,01	0,76

142	«Кацивелі VII» Ялтинський р-н, сел. Каци-велі, в 1,4 км від гирла яру. 1962-1978 рр. Ерозія, пригрузка схилу напівнасіпом. 1962 р.	80	90–0,3/0,5	02 – 0,48/0,29	0,59
		100	91 – 0/0	03 – 0,59/0,22	
		3-4	92 – 0,5/0,3	04 – 0,48/0,29	
		16°	93 – 0,49/0,28	05 – 0,5/0,3	
			94–0/0	06 – 0,6/0,29	
			95 – 0/0	07 – 0,5/0,3	
			96 – 0/0	08 – 0,52/0,32	
			97 – 0,52/0,32	09 – 0,49/0,26	
			98 – 0,6/0,29	10 – 0,49/0,26	
			99 – 0/0	11 – 0,45/0,35	
			00 – 0/0	12 – 0,5/0,3	
				01 – 0,45/0,35	
139	«Кацивелі IV» Ялтинський р-н, сел. Кацивелі, в 1,3 км від гирла яру, лівий схил. 1962-1978 рр.	200	90 – 0,5/0,3	04 – 0,5/0,3	0,71
		60	91 – 0,4/0,3	05 – 0,5/0,3	
		8-10	92 – 0/0	06-10 – 0/0	
		19°	93-02–стб.	11 – 0/0	
			03 – 0,4/0,3	12 – 0/0	

Висновок. Для автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь запропоновано структуру оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільних доріг, проведено моніторинг небезпеки зсувів та визначено узагальнений показник ураженості зсувними процесами. За допомогою даного показника обґрунтовано ступінь стійкості зсувонебезпечної ділянки та віднесено експериментальні ділянки до характерних типів зсувних деформацій та визначено основні захисні заходи.

1. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП. Вип. IV. 2007.
2. Билеуш А.И. Оползни и противооползневые мероприятия / А.И. Билеуш. – К.: Наукова думка, 2009. – 560 с.
3. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов / Е.П. Емельянова. – М.: Недра, 1972. – 310 с.
4. Герасимчук В.О. Гірські автомобільні дороги України // Захист гірських автомобільних доріг України від небезпечних гідрометеорологічних процесів і явищ. – Коломия: Вік, 1998. – 352 с.
5. Круцик М.Д. Захист гірських автомобільних доріг від зсувів (на прикладах гірських регіонів України) / Круцик М.Д., Грицюк Л.В., Грицюк О.Л.; під ред. М.Д. Круцика. – Коломия: Друкарня ім. Шухевича, 2003. – 425 с.
6. Ерыш И.Ф. Вопросы локального прогноза и литомониторинга на примере типичных оползней Крыма / И.Ф. Ерыш, Э.В. Кулиш // Геотехническое изучение и исследование недр: сб. ЗАО «Геоинформмарк». – М., 2001. – Вып. 6. – С. 41-51.
7. Саломатин В.Н. Методы исследования режима оползней / В.Н. Саломатин, И.Ф. Ерыш. – М., 1980. – 49 с.
8. Казарновский В.Д. Защита горных дорог от опасных геологических процессов / Казарновский В.Д., Каримов Б.Б., Мурадов Х.Я.; под ред. В.Д. Казарновского. – К.: Логос, 1998. – 250 с.
9. Рудько Г.И. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): [монография] / Г.И. Рудько, И.Ф. Ерыш. – К.: Задруга, 2006. – 624 с.
10. Hungr O. Estimating landslide motion mechanism? Travel distance and velocity / O. Hungr // SOA Paper. – 2007. -№4. – P. 30.
11. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве / Н.Н. Маслов. – М.- Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 468 с.
12. Terzaghi K. Mechanism of landslides / K. Terzaghi // Application of Geology to Engineering Practice (Berkey Volume). – New York: Geol. Soc. Amer., 1950. – P. 83-123.
13. Ерыш И.Ф. Оползни Крыма: ч.1., ч.2 / И.Ф. Ерыш, В.Н. Саломатин. – Симферополь: Апостроф, 1999. - 246 с.
14. Угненко С.Б. Моніторинг та структура оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільних доріг у гірській місцевості / Угненко С.Б., Тимченко О.М. // Автошляховик України. – К., 2012. – №2. – С. 43-46

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 629.113

О.М.Тімков, О.С.Іванов, Д.М.Ященко, А.П.Луцик
Національний транспортний університет
ДО РОЗРАХУНКУ ДОРОЖНІХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МАРШРУТУ РУХУ
АВТОМОБІЛЯ

На основі даних географічних координат експлуатаційного маршруту руху автомобіля запропонована методика обчислення дорожніх умов, що характеризуються профілем та планом дороги, рельєфом місцевості та режимом руху.

Ключові слова: дорожні умови, маршрут руху, автомобіль, розрахунки, їздовий цикл.

Рис 7. Літ 10.

А.Н.Тимков, А.С.Иванов, Д.Н.Ященко, А.П.Луцик
О РАСЧЕТЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МАРШРУТА
ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ.

На основании данных географических координат эксплуатационного маршрута движения автомобиля предложена методика расчета дорожных условий, а именно: профиля и плана дороги, рельефа местности и режима движения.

Ключевые слова: дорожные условия, маршрут движения, автомобиль, расчеты, ездовой цикл.

A.Timkov, A.Ivanov, D.Yaschenko, A.Lutsyk
CALCULATION OF ROAD CONDITION OF AN OPERATIONAL ROUTE OF
MOVEMENT OF THE CAR

Existing analytical dependence of the equation traction balance of the vehicle, in the majority, rather formalized and do not consider the actual road conditions when calculating traction-speed properties and fuel economy. Based on the data of geographical coordinates operational route of the vehicle the technique of calculation of such elements road conditions as: profile and plan roads, terrain, and driving mode.

The analysis of approaches to definition of speed of movement of a vehicle in various road conditions is carried out and recommendations about its analytical definitions are developed. In work is offered the approach to definition of road conditions of operation of the car. The account of real conditions of operation, namely, road conditions and performance of the further calculations by means of the equation of traction balance of the car, will allow to create a design of automobile with such technical decisions which will provide the greatest economic benefit at its introduction. Further the technique will be used at definition traction-speed properties and fuel profitability of the car with a hybrid power-plant in conditions of an operational route of movement in Kyiv.

Real conditions of operation are defined by a considerable quantity of parametres and factors, unequally influence automobile work. Generally the combination of factors is casual, therefore it is necessary to consider these processes as stochastic and to consider movement of the car by means of the determined laws in casual conditions.

Keywords: road conditions, traffic route, vehicle, calculations, driving cycle.

Постановка проблеми.

Практика експлуатації АТЗ свідчить про те, що основними факторами, які визначають експлуатаційні властивості є стан дороги і режими роботи силової установки. З огляду на сучасні можливості теорії автомобілів, теорії оптимізація та з використанням сучасних обчислювальних засобів можливо більш точно визначення експлуатаційних властивостей АТЗ з врахуванням даних дорожніх умов експлуатаційного маршруту руху.

Неможливо створити конструкцію АТЗ з настільки широким діапазоном оптимальних значень параметрів, наскільки різноманітні експлуатаційні умови. Тому, при проектуванні обмежуються декількома варіантами технічних рішень, що забезпечує найбільший економічний ефект при впровадженні. Найбільший економічний ефект буде в тому випадку, коли будуть враховані всі реальні умови експлуатації автомобіля. Така задача є надзвичайно складною.

Реальні умови експлуатації визначаються великою кількістю параметрів та чинників, що неоднаково впливають на роботу автомобіля. В загальному випадку поєднання чинників є випадковим, тому слід розглядати ці процеси як стохастичні і розглядати рух автомобіля за допомогою детермінованих законів у випадкових умовах. Основним показником умов експлуатації є дорожні умови. Взагалі вони визначаються елементами профілю та плану, рельєфом місцевості, видом та рівністю покриття та режимами руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемою щодо вибору їздових циклів займалися Гащук Л.Н., Гутаревич Ю.Ф., Сахно В.П., Brundell-Freij К., Ericsson Е. та інші вітчизняні і закордонні вчені. У роботах цих дослідників досить глибоко вивчені питання щодо вибору та застосування їздових циклів, котрі як найкраще

©О.М.Тімков, О.С.Іванов, Д.М.Ященко, А.П.Луцик

імітують реальні умови експлуатації транспортних засобів в залежності від експлуатаційних факторів (дорожніх умов, режимів руху та ін.) [2 – 5].

Для оцінки паливної економічності автомобілів дуже часто використовують так звані їздові цикли, в основі яких покладені данні реальних експлуатаційних програм руху автомобілів по магістралям та містам. Цикли строго регламентують характер роботи автомобіля при проведенні тестових випробувань. Найбільш складними є цикли що імітують міський рух [1]. Визначенням їздових циклів та поздовжніх профілів доріг проводилось в роботах [6, 8].

Їздові цикли використовують також для оцінки токсичного впливу автомобіля на навколишнє середовище [4]. Іноді з цією метою синтезують спеціальні цикли, незважаючи на те, що токсичність та паливна економічність взаємопов'язані та взаємообумовлені.

Протягом часу внаслідок багатьох обставин умови експлуатації АТЗ суттєво змінюються. Тому, типові їздові цикли рано чи пізно втрачають свою репрезентативність. Внаслідок цього виникають ускладнення при порівнянні рівня досконалості АТЗ, що мають різні роки випуску. Найбільшу складність викликає порівняння енергоефективності АТЗ з комбіновано енергетичною установкою, кількість яких сьогодні на дорогах постійно зростає.

Мета дослідження.

Розробка методики яка дозволяє на основі експлуатаційного маршруту руху автомобіля отримати данні про реальні дорожні умови. А саме, елементи профілю та плану, рельєфу місцевості, виду та рівності дорожнього покриття, режимів руху тощо.

Основні результати дослідження.

При експертному оцінюванні властивостей автомобілів, особливо з комбінованою силовою установкою, слід надавати перевагу параметрам, які найбільш відповідають реальним умовам експлуатації АТЗ – їздовим циклам та/або експлуатаційним маршрутам.

З метою визначення експлуатаційних режимів руху, було проведено визначення реальної інтенсивності руху в умовах м. Києва (Рис. 1). Маршрут, передбачає рух частиною міста із щільною забудовою та швидкісними ділянками міських доріг, що є характерним для більшості районів міста. На маршруті є регульовані та нерегульовані перехрестя, пішохідні переходи тощо.



Рис. 1. Експлуатаційний маршрут руху автомобіля у м.Києві

Для визначення показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів було використано вимірювально-реєструючий прилад з функцією відеозапису TEXET DVR-3GP (Рис. 2) виробництва ЗАО «Электронные системы «Алкотел» (Росія), за допомогою якого вимірювались: поточні координати, швидкість, прискорення, шлях і час руху.

Даний пристрій складається з вимірювально-записуючої частини та знімного GPS-приймача. Вимірювально-записуюча частина (Рис. 2, а) базується на основі електронно-обчислювальної апаратури з мікропроцесором Ambarella A2S60, внутрішньою пам'яттю для зберігання зібраної інформації, вбудованим 3-х осьовим датчиком прискорення (G-sensor), що синхронізує дані з GPS та відеореєструючої апаратури, необхідної для запису потокового відео.

Друга частина – знімний 30 каналний GPS приймач SiRF Star III (Рис. 2, б), з технологією TTFX (Time to First Fix), яка забезпечує більш точне і надійне позиціонування при слабкому сигналі супутників. Даний GPS приймач характеризується високою точністю і чутливістю, адже маючи 30

незалежних каналів дозволяє обробляти одночасно сигнали всіх видимих GPS- та WAAS- супутників одночасно.



Рис. 2. Складові частини вимірювально-реєструючого приладу TEXET DVR-3GP: а) вимірювально-записуюча частина; б) знімний GPS-приймач;

Робота приладу базується на визначенні координат положення автомобіля у реальному часі шляхом прийому сигналу від супутників GPS. У подальшому дані оброблюються мікропроцесором приладу і визначаються швидкість руху та пройдений шлях. Прилад також реєструє час від початку до кінця руху автомобіля, причому для підвищення точності синхронізує його з даними супутників.

Всі визначені параметри записуються у пам'ять приладу і далі можуть використовуватися для обробки та аналізу.

Під час проведення дорожніх випробувань проводилося тарування приладу TEXET DVR-3GP шляхом порівняння величини відстані між розміченими ділянками на дорозі та данини вимірювань приладу. Встановлено, що прилад дозволяє проводити вимірювання з високою точністю, адже похибка не перевищувала 2 м на 200 м шляху, що складає 1 %.

Перш за все треба визначити кординати точок маршрута, за яким їде автомобіль. Це можливо зробити за допомогою програмного забезпечення Google Earthe проклавши цей маршрут на мапі, однак в цьому випадку буде невідома реальна швидкість руху в заданих умовах.

За допомогою GPS навігатора-відеореєстратора TEXET DVR-3GP був записаний не тільки маршрут руху автомобіля у вигляді значень кординат широти та довготи в кожній точці маршруту в файл формату KML, а також відомості про швидкість та прискорення по осях автомобіля. Є можливість експорту даних у формат електронної таблиці із збереженням даних про швидкість, прискорення та час. Залежність швидкості від часу в умовах експлуатаційного маршруту руху в м. Києві наведено на рис. 3.

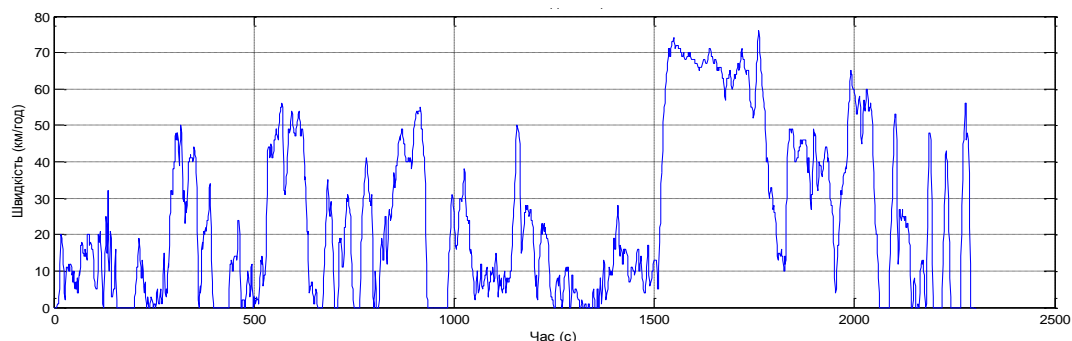


Рис. 3. Залежність швидкості від часу в умовах експлуатаційного маршруту руху в м. Києві

Для розрахунку рельєфу використовується програмне забезпечення «Расчет рельефа заданного пути», інтерфейс програми показаний на рис. 4. Дане програмне забезпечення призначене для розрахунку рельєфу шляху на поверхні Землі. Під рельєфом розуміють

функціональну залежність висоти над рівнем світового океану від шляху, представленого у вигляді послідовності географічних точок. Координати географічних точок задані довготою і широтою. Для розрахунку висоти використовується сервіс Google Elevation APIX [9].

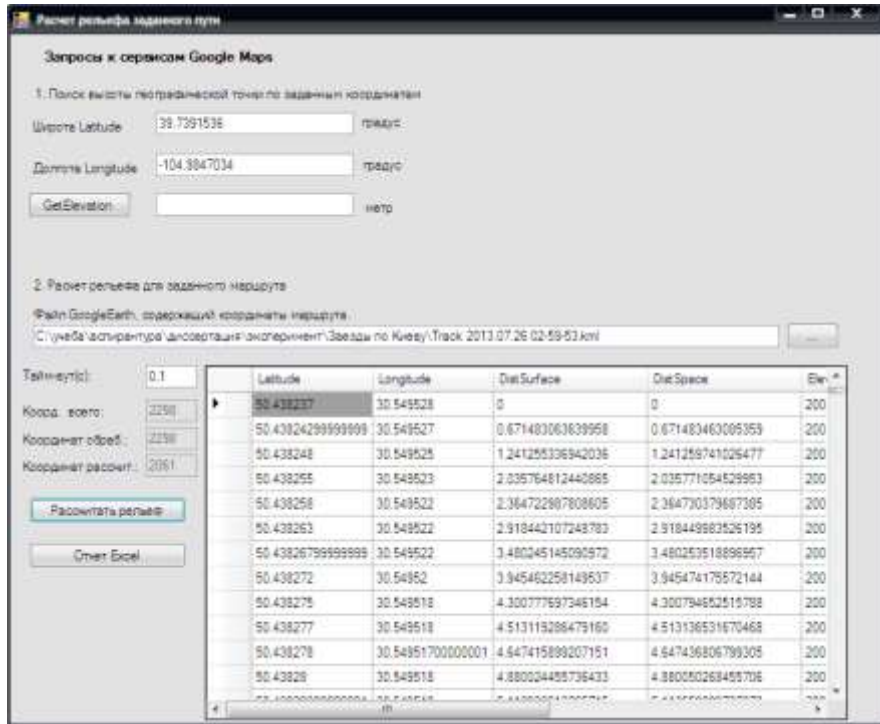


Рис. 4. Інтерфейс програми «Расчет рельефа заданного пути»

Порядок роботи алгоритму наступний:

1. Одержують вихідні данні для розрахунку у вигляді KML-файлу, що містить інформацію про маршрут руху у вигляді послідовності географічних точок [10].
2. При обробці KML-файлу виділяємо інформацію про координати і отримуємо матрицю, що містить послідовність географічних точок, представленими координатами (Latitude і Longitude).
3. Для кожної географічної точки, посылаючи запити до сервісу Google Elevation API, отримуємо висоту над рівнем океану (Elevation). Для дотримання правил користування сервісу, використовуємо параметр «Тайм-аут», визначає інтервал часу між двома послідовними запитами. На рис. 5 наведено данні про висоту точок експлуатаційного маршруту руху в м. Києві.

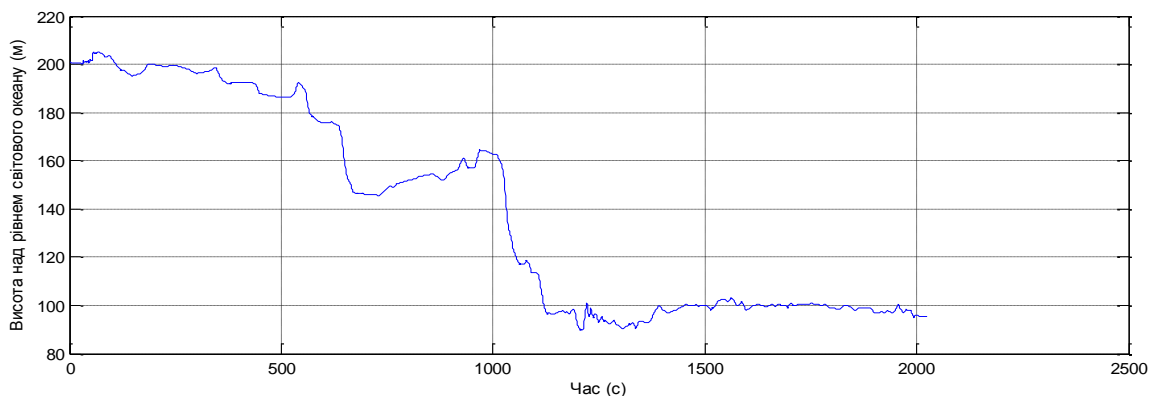


Рис. 5. Зміна висоти точок експлуатаційного маршруту руху в м. Києві

4. Визначення додаткових даних:

- відстань від початку шляху по поверхні (DistSurface). При цьому, відстань між двома двома географічеськіми точками обчислюється з використання формули розрахунку відстані між двома точками на сфері [7].
- відстань від початку шляху в просторі DistSpace (з урахуванням рельєфу);
- кут нахилу до поверхні землі в радіанах AngleRadian;
- кут нахилу до поверхні землі в градусах AngleDegree.

$$L = R * \arccos(\sin\theta_1 * \sin\theta_2 + \cos\theta_1 * \cos(\phi_1 - \phi_2)) \quad (1)$$

де θ_1 і θ_2 – широта, ϕ_1 і ϕ_2 – довгота;
 R – радіус кулі.

По закінченню розрахунку в інформаційні вікна виводяться результати розрахунків та відомості про кількість заданих і оброблених координатах. Інформація представлена у вигляді наступних полів:

- Latitude - широта географічної точки;
- Longitude - довгота географічної точки;
- DistSurface - відстань від початкової точки по поверхні (без урахування рельєфу)
- відстань від початку шляху в просторі - DistSpace (з урахуванням рельєфу);
- кут нахилу до поверхні землі в радіанах – AngleRadian;
- кут нахилу до поверхні землі в градусах – AngleDegree.

Підставляємо значення координат точок маршруту обчислюємо значення кута нахилу дорожнього покриття – AngleDegree. Для розрахунку кута нахилу в середовищі Simulink, реалізована функція (Рис. 6).

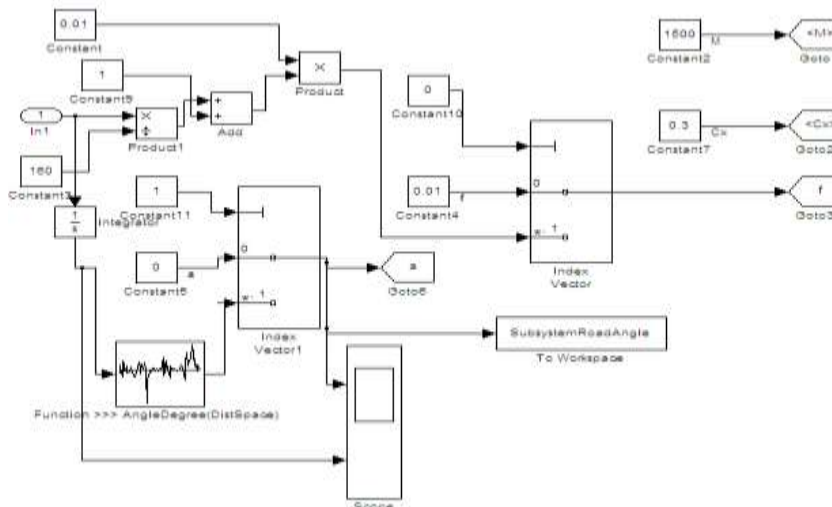


Рис. 6. Вираз для обчислення значень AngleDegree в середовищі Simulink

Обчислені значення кута нахилу дорожньої поверхні для умов експлуатаційного маршруту руху в м. Києві неведені у вигляді графіка на рис. 7.

Висновки та перспективи подальших розробок.

Проведено аналіз підходів до визначення швидкості руху транспортного засобу у різних дорожніх умовах та розроблені рекомендації щодо її аналітичного визначення. В роботі запропоновано підхід до визначення дорожніх умов експлуатації автомобіля.

Аналіз даних проведених дорожніх випробувань експлуатаційного маршруту руху в м. Києві для реальних умов експлуатації показує що: довжина маршруту становить – 15.4 км, максимальна швидкість складає – 76 км/год, середня швидкість – 24.25 км/год, максимальне прискорення – 2.4 м/с².

Врахування реальних умов експлуатації, а саме, дорожніх умов та виконання подальших розрахунків за допомогою рівняння тягового балансу автомобіля, дозволить створити

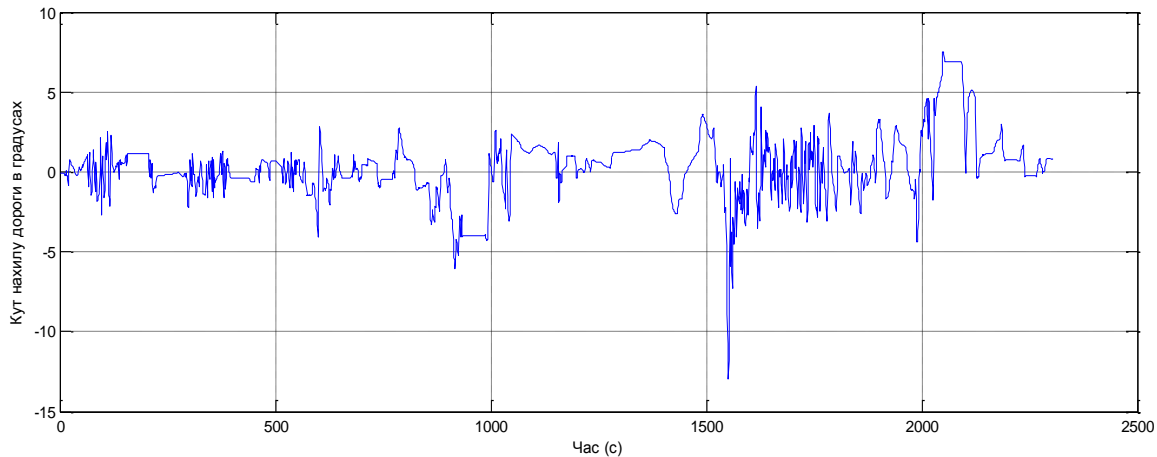


Рис. 7. Зміна кута нахилу дорожнього покриття для умов експлуатаційного маршруту руху в м. Києві

конструкцію АТЗ з такими технічними рішеннями які забезпечать найбільший економічний ефект при його впровадженні.

В подальшому запропонована методика буде використана при визначенні тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля з гібридною силовою установкою в умовах експлуатаційного маршруту руху в м. Києві.

1. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд-во стандартов, – 1991. – 34 с.
2. Brundell-Freij K. and Ericsson E. Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns, Transportation Research D 10 (2005).– 15 p.
3. Гащук Л.Н. Энергетическая эффективность автомобиля – Львов: Світ, 1992. – 208 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в условиях эксплуатации. – К: Вища шк., 1991. – 179 с.
5. Сахно В. П. До визначення середньої швидкості руху автомобіля при зміні потужності двигуна в широких межах / В. П. Сахно, С. М. Шарай, О. А. Корпач // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. / Севастоп. нац. техн. ун-т. - Севастополь : Вид-во Севастоп. нац. техн. ун-ту, 2012. – Вип. 134: Машиноприладобудування та транспорт. – С. 48 – 51 : табл. - Бібліогр. наприкінці ст. (3).
6. Тімков О.М. Аналіз їздових циклів для гібридного автомобіля / Тімков О.М./ Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: Матеріали шостої науково-практичної конференції : Зб.наук. праць / ДІАТ. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2011. – С. 261–265.
7. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд. / Х. Кухлинг - М.: Мир, 1985. - 250 с., ил.
8. Сахно В. П. До визначення їздових циклів та поздовжніх профілів доріг / Сахно В.П., Жаров К.С. // Автошляховик України. Науково-виробничий журнал. – Київ, 2012. – Автомобільний транспорт. – №1 (225). – С. 7 – 11.
9. Веб-службы API Google Карт. API высотных данных Google [Электронный ресурс] : Режим доступа : <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/?hl=ru>
10. Содержание и структура файла KML [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/KMZ>

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014

С.М.Толмачов

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
**МІЦНІСТЬ ДОРОЖНІХ БЕТОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СВІЖЕПІДРОБЛЕНОГО
ЩЕБЕНЮ РІЗНОГО ГЕНЕЗИСУ**

У статті наведені результати випробувань впливу механічної (шляхом дроблення крупних фракцій щебеню в щоквої дробарки) і хімічної активації (при його обробки водними розчинами суперпластифікатора у змішувачі) щебенів різного походження на міцнісні властивості бетону. Встановлено період, на протязі якого механічна активація ефективна. Показано, що в залежності від походження щебеню ефективність подальшої його хімічної активації різна.

Ключові слова: сієнітовий щебінь, гранітний щебінь, хімічна активація, механічна активація, розчин суперпластифікатора, міцність бетонів

Табл. 2. Літ. 7.

В статье приведены результаты исследований влияния механической (путем дробления крупных фракций щебня в щековой дробилке) и химической активации (при его обработке водным раствором суперпластификатора в смесителе) щебней различного происхождения на прочностные свойства бетона. Установлен период, в течение которого механическая активация эффективна. Показано, что, в зависимости от происхождения щебня, эффективность последующей его химической активации различна.

The results of studies of the influence of mechanical and chemical activation ballasts of different origin on the strength properties of the concrete. Investigations were carried out on the crushed stone for concrete of granite and syenite rocks. Mechanical activation was carried out by crushing large fractions of rubble in a jaw crusher. For comparison was used the rubble, which is not subjected to crushing. When crushing exposed active sites on the surface of the rubble, primarily acidic. This is due to the presence of large amounts of silica in the composition of granite. The appearance of active centers leads to increased strength of concrete on the granite rubble due to the hardening of the contact zone "hardened cement paste - filler." At the same time on the surface of the rubble of syenite, which included no quartz likely occurrence of positively charged centers. This leads to lower strength concrete on this gravel, perhaps because strength decreases the contact area. Set the period during which an effect of mechanical activation. Shown that their effectiveness and duration varies depending on the mineral composition of rubble. Activation was carried out by chemical treatment with an aqueous solution of crushed stones particles superplasticizer directly in the mixer. It is shown that, depending on the origin (mineral composition) ballast efficiency its subsequent chemical activation is different. It is established that the effect of the chemical activation is also dependent on whether the pre-crushed subjected to mechanical activation. Strength of concrete on the granite rubble in complex mechanical action, and then, chemical activation is higher than concrete rubble of the syenite. This suggests that the effect of the complex activation of crushed granite have a total character.

Постановка проблеми. Відомо, що найбільш слабким ланцюгом важкого бетону, у тому числі дорожнього, є зона контакту. Існуючі способи підвищення якості зони контакту «цементний камінь-заповнювач» враховують геометричну, фізичну і кристалохімічну природу заповнювача, специфіку гідратування і мінеральної підкладки, електричні властивості гідратів і поверхні заповнювача, можливості інтенсифікації фізико-хімічних процесів і реалізації створення щільної структури бетону. Ці способи можна поділити на групи:

- I група: використання реакційно здібних заповнювачів, а також дробленого клінкера;
- II група: передбачає обробку заповнювачів різними склеювальними складами, або насичення ними пористих заповнювачів;
- III група: попередня обробка заповнювачів поверхнево-активними речовинами;
- IV група: попереднє промивання заповнювачів;
- V група: механічна обробка заповнювачів, особливо крупних;
- VI група: раціональний підбір складу бетону у комплексі зі спеціальними методами перемішування та ущільнення бетонної суміші;
- VII група: ущільнення структури бетону мінеральними добавками;
- VIII група: введення мікродобавок безпосередньо в зону контакту шляхом попереднього насичення пористих заповнювачів спеціальними речовинами;
- IX група: різні підходи при обробці заповнювача розчинами лугів, кислот та інших електролітів, включаючи змочування розведеними розчинами електролітів.
- X група: нестандартні способи активації заповнювачів.

Аналіз попередніх досліджень. Використання реакційно здібних заповнювачів типу вапняків та шлаків (I група) має ряд особливостей, до того ж використання таких заповнювачів досить винятково. Спосіб насичення заповнювачів (II група) можливо віднести до компонентів легких бетонів. Крім того, склади, що призначаються до обробки, дуже коштовні. Тому ці прийоми є малоєфективні у дорожніх бетонах.

Існують дані різних авторів, щодо використання для обробки заповнювача різноманітних ПАВ, у тому числі гідрофобізуючих (група III). Вони відзначають, що така обробка підвищує адгезію цементного каменю до заповнювача, наприклад, та сприяє ущільненню зони контакту. Але при цьому можливо зниження довговічності і міцності бетону у проектному віці.

Різновидом є звичайна промивка заповнювачів, але цей прийом, якщо він не здійснюється у змішувачу, потребує великих витрат (IV група), а також негативно впливає на зовнішнє середовище.

Звісно, що існує досить велика кількість методик підбору складу важкого бетону, а також способів інтенсифікації його приготування, ущільнення і тверднення (VI група) [6]. Загальним недоліком способів інтенсифікації є значні витрати на обладнання і забезпечення технологічного процесу ущільнення і тверднення.

Активаційні дії VII і VIII груп засновані на введенні мікродобавок [7]. Слід сказати, що кількість добавок за даними різних авторів коливається від 4 до 15% від маси цементу. При вартості мікронаповнювачів у три рази більше ніж цементу, собівартість бетону значно зростає. Це робить даний спосіб не дуже економічним.

Нестандартні способи активації заповнювачів (X група) представлена електроактивацією, віброімпульсною, магнітною та ін.[2-4]. Доцільно відзначати, що ефекти, які забезпечують ці методи нестабільні і не завжди в загальному присутні. Крім того, щодо реалізації таких методів потрібна іноді занадто дорога механізм та устаткування.

Найбільш широко представлені способи обробки заповнювача розчинами різних електролітів - кислот, солей, лугів і їх різних комбінацій з метою видалення (нейтралізації), зв'язування шкідливих домішок заповнювачів. Особливе місце займають розробки школи, яку очолював У.А. Аяпов [1] по попередній обробці шлаків різного походження і складу розчинами сірчаної кислоти. Іноді після обробки кислотою, наприклад, HCl, використовують нейтралізацію розчинами їдкого натру. Частіше застосовують пряму обробку заповнювача розчинами солей.

Принципово відмінними є розробки О.Г. Ольгінського по використанню для активації заповнювачів слабких розчинів електролітів у вигляді кислот, солей слабкої основи і сильної кислоти, побічних продуктів у вигляді суміші різних кислих солей, а також лугів у суміші зі солями сильної основи й слабкої кислоти, або цементною суспензією [5].

Можливо активувати заповнювач механічним дробленням (V група). Практично без зайвих затрат це роблять на заводах по дробленню гірських порід на щебінь. При цьому відкриваються нові поверхні, концентрація зарядів на поверхні збільшується, тому значно зростає міцність електрогетерогенних контактів між поверхнею заповнювача і особливо, якщо вона здійснюється у водному середовищі, або у заповнювача, який знаходиться у вологому стані. Така обробка дозволяє значно підвищити щільність і міцність зони контакту, а значить і бетону в загальному. Але як довго діє цей ефект, як впливає на нього присутність різних хімічних добавок і мінеральний склад заповнювача досі не відомо.

Як видно з обзору, всі способи спрямовані на очищення поверхні заповнювача від пилювато-глинистих частинок шляхом промивання і електрофізичних, а також механо-хімічної активації заповнювача. Обробка заповнювача розчинами різних ПАВ і механічне дроблення представляються найбільш перспективними засобами підвищення зчеплення цементного каменю з поверхнею заповнювача. Інші методи є трудо- і енергоємними, потребують додаткового, часто спеціального обладнання і робочих площ.

Мета дослідження. Найбільш розповсюдженим показником якості дорожнього бетону є міцність. Вона впливає на більшість інших показників, її легко визначати. Тому метою цього дослідження є оцінка подовженості впливу механічного дроблення (на заводах по виробництву щебеню) у часі, а також подальшої хімічної активації заповнювача у змішувачі при виготовленні бетонної суміші на міцність дорожнього бетону.

Основні результати дослідження. Літературний огляд показав, що серед різних методів активації переважаючими є механічні та фізико-хімічні. Серед фізико-хімічних методів в основному застосовують введення різних хімічних добавок. Найбільш поширеними хімічними добавками у бетонну суміш є пластифікатори. Тому ми досліджували активаційний вплив обробки щебеню розчинами суперпластифікатора BV12 (виробництво Німеччини). У роботі було використано сієнітовий щебінь Тельманівського кар'єру Донецької області, гранітний щебінь кар'єрів Полтавської області, цемент Балаклівського заводу Харківської області і дрібний гідронамивний пісок Днепропетрівської області.

З механічних способів активації кращим є дроблення великого заповнювача з метою оголення свіжих, незабруднених поверхонь, на яких може ефективно формуватися зона контакту «цементний камінь-заповнювач». При цьому міцність такої зони повинна бути вище, ніж у випадку звичайного щебеню. Проведені нами дослідження спрямовані на те, щоб показати, наскільки ефективна механічна активація щебеню, що проводиться шляхом дроблення. Досліджували міцність бетонів різних складів, в яких використовували щебінь звичайний, свіжеподрібнений і витриманий 1...2 тижні (табл. 1, 2).

Звичайний щебінь очищали від пилюватих включень і піску. Його просіювали через сито діаметром 5 мм і виділяли фракцію 5-10 мм.

Подрібнений щебінь отримували дробленням більших фракцій щебеню (20-40 мм та 10-20 мм) у лабораторній щековій дробарці і подальшому виділенню фракції 5-10мм. Частина цього щебеню йшла на виготовлення бетонів, а частину залишали лежати в лабораторії протягом одного та двох тижнів для подальшого виготовлення бетону.

При виготовленні бетонної суміші одну частину щебеню використовували без обробки водним розчином суперпластифікатора BV12, а другу частину використовували після його попередньої обробки розчином BV12 у змішувачі. Результати досліджень показано у табл. 1 і 2.

Міцність бетону з сієнітовим заповнювачем на рядовому щебені у віці 3 діб менше, ніж бетонів на свіжеподрібненому щебені на 8 % і менше, ніж на подрібненому, який був попередньо витриманий протягом 1 тижня на відкритому майданчику на 5 % (табл. 1). Міцність бетону на щебені, який був витриманий протягом 2 тижнів, менше, ніж у бетону на рядовому щебені. Аналіз коефіцієнта дефектності структури, КДС, (по І.М. Грушко це відношення міцності бетонів при стисненні до міцності при розтягуванні при згині) показує, що до 3 діб твердіння найбільш дефектна структура характерна для бетонів на рядовому щебені (найбільший - КДС).

Найменш дефектна структура - у бетонів на свіжеподрібненому сієнітовому щебені (найменший КДС). Обробка щебеню в змішувачі водним розчином суперпластифікатора BV- 12 приводить до істотного зниження міцності бетонів. Але в цьому випадку яскраво виражена тенденція поступового підвищення міцності бетону при переході від свіжеподрібнених щебенів до витриманих 2 тижні. Найімовірніше причина цього явища полягає в тому, що в міру зниження поверхневої активності щебеню починає проявлятися активуючий ефект самої добавки. Загальне зниження міцності бетонів в цьому віці обумовлено блокуючою дією добавки, яка абсорбується на поверхні щебеню і перешкоджає прояву механічної активації (склад на свіжеподрібненому щебені в порівнянні з складом на щебені, який витримано 2 тижні). З іншого боку КДС у таких бетонів значно нижче, ніж бетонів на щебені без попередньої хімічної обробки пластифікатором, що свідчить про формування більш однорідної структури бетону в цілому і зони контакту зокрема.

До 7 доби нормального твердіння різниця в міцності бетонів на свіжеподрібненому і рядовому щебені зростає. Причому більшою мірою це стосується міцності на розтяг при згині, яка збільшилася на 24 %, в той час, як міцність при стисненні зросла на 11 %. Приблизно ті ж результати отримані для бетонів на щебені, який витримано протягом 1 тижня. Це свідчить про підвищення насамперед міцності зони контакту, що формується на активній поверхні щебеню. Цей ефект пропадає для бетонів на щебені, витриманому протягом 2 тижнів. Дані підтверджують характер зміни КДС, який в бетонах на свіжеподрібненому щебені значно менше, ніж у бетонах на рядовому щебені. Застосування попередньої обробки щебеню в змішувачі розчином BV- 12 також приводить до зниження міцності бетонів у віці 7 діб на всіх видах щебеню (в порівнянні з бетонами без хімічної обробки). Особливо це виражено для бетонів на свіжеподрібненому щебені. Тут також, як і в бетонах у віці 3 діб відзначено істотне зниження КДС при використанні рядового щебеню. У віці 28 діб механічна активація щебеню приводить до ще більшого зростання міцності бетону на подрібненому щебені на розтяг при згині (25...28 %) і при стисканні (на 16...18 %) у порівнянні з бетонами на рядовому щебені. Слід зазначити, що КДС у цих видів бетонів до цього періоду не розрізняються так значно, як в більш ранньому віці, що може свідчити про деяке зменшення ефекту механічної активації щебеню. З іншого боку істотно зростає роль попередньої хімічної активації щебеню розчином BV-12.

Таблиця 1

Міцність бетонів на сієнітовому щебені					
Доби	Склад	Заповнювач	R _{зг}	R _{ст}	R _{ст} / R _{зг}
3	Без добавки	Рядовий	20,9	198,0	9,47
		Свіжеподрібнений	22,5	210,8	9,06
		Витриманий (1 тиждень)	21,8	208,8	9,29
		Витриманий (2 тижні)	20,6	189,5	9,20
	3 добавкою BV-12	Рядовий	18,1	110,0	6,08
		Свіжеподрібнений	15,1	116,8	7,74
		Витриманий (1 тиждень)	18,6	121,6	6,54
		Витриманий (2 тижні)	19,6	135,2	6,90
7	Без добавки	Рядовий	27,9	235,2	8,43
		Свіжеподрібнений	34,5	260,0	7,54
		Витриманий (1 тиждень)	34,4	260,2	7,56
		Витриманий (2 тижні)	26,8	230,8	8,61
	3 добавкою BV-12	Рядовий	23,4	152,8	6,53
		Свіжеподрібнений	21,7	170,4	7,85
		Витриманий (1 тиждень)	26,6	189,2	7,11
		Витриманий (2 тижні)	29,1	204,8	7,04
28	Без добавки	Рядовий	31,9	248,8	7,80
		Свіжеподрібнений	40,8	294,0	7,21
		Витриманий (1 тиждень)	39,1	287,6	7,36
		Витриманий (2 тижні)	33,4	286,0	8,56
	3 добавкою BV-12	Рядовий	34,4	207,8	6,04
		Свіжеподрібнений	32,7	201,2	6,15
		Витриманий (1 тиждень)	39,4	257,2	6,37
		Витриманий (2 тижні)	41,0	273,2	6,66

Таблиця 2

Міцність бетонів на гранітному щебені					
Доби	Склад	Заповнювач	R _{зг}	R _{ст}	R _{ст} / R _{зг}
3	Без добавки	Рядовий	22,5	175,0	7,78
		Свіжеподрібнений	25,0	237,0	9,48
		Витриманий (1 тиждень)	23,5	225,0	9,57
		Витриманий (2 тижні)	26,0	220,0	8,46
	3 добавкою BV12	Рядовий	23,0	190,0	8,26
		Свіжеподрібнений	25,2	215,0	8,53
		Витриманий (1 тиждень)	25,3	217,0	8,58
		Витриманий (2 тижні)	24,3	200,0	8,23
7	Без добавки	Рядовий	29,0	218,0	7,52
		Свіжеподрібнений	34,0	279,0	8,21
		Витриманий (1 тиждень)	31,5	273,0	8,67
		Витриманий (2 тижні)	32,0	260,0	8,13
	3 добавкою BV12	Рядовий	33,0	260,0	7,88
		Свіжеподрібнений	38,2	300,0	7,85
		Витриманий (1 тиждень)	37,0	285,0	7,70
		Витриманий (2 тижні)	40,0	280,0	7,00
28	Без добавки	Рядовий	32,0	250,0	7,81
		Свіжеподрібнений	37,0	316,0	8,54
		Витриманий (1 тиждень)	35,0	283,0	8,09
		Витриманий (2 тижні)	34,5	290,0	8,41
	3 добавкою BV12	Рядовий	37,8	272,0	7,20
		Свіжеподрібнений	44,1	330,0	7,48
		Витриманий (1 тиждень)	42,0	300,0	7,14
		Витриманий (2 тижні)	46,3	302,0	6,52

Вона приводить до того, що міцність бетонів на подрібненому щебені після його витримання 1...2 тижні зростає на 15...19 % на розтяг при згині і на 24...31 % при стисненні в порівнянні з бетонами на рядовому щебені. Відмінною особливістю цих бетонів є значне зменшення КДС, на щебені, який підданий механічній або хімічній активації. Це може свідчити про формування впорядкованої структури як у зоні контакту, так і в макроструктурі бетонів.

У бетонах на гранітному щебені у віці 3 діб нормального твердіння спостерігаємо дещо інші залежності (табл. 2). Міцність бетонів на подрібнених щебенях, незалежно від часу витримання щебеню, вище, ніж у бетонів на рядовому щебені на 10...16 % на розтяг при згині і на 7...15 %. Але КДС бетону на свіжеподрібненому щебені вище, ніж бетону на рядовому, що свідчить про те, що механоактивація гранітного щебеню в перший період твердіння меншою мірою стосується формування зони контакту, а в основному спрямована на мезо- та макроструктуру. Хімічна активація гранітного щебеню не тільки не приводить до зниження міцності бетонів на подрібнених щебенях, але, навпаки підвищує її порівняно з бетоном на рядовому щебені. Це може служити підтвердженням висловленого вище припущення.

Аналогічні залежності впливу різних видів активації на міцність бетонів на гранітному щебені можна спостерігати зіставляючи результати у віці 7 і 28 діб природного твердіння. У цих випадках також, на тлі загального збільшення міцності бетонів з плином часу, очевидно підвищення міцності при стисненні і на розтяг при згині у бетонів на подрібнених щебенях (незалежно від часу, що пройшов з моменту дроблення, в межах періоду, що спостерігався) порівняно з бетонами на рядовому щебені. Крім цього, явно виражена залежність збільшення міцності бетонів на подрібнених щебенях в порівнянні з бетоном на рядовому щебені при хімічній активації щебенів. Можна відзначити також більш високий КДС у всіх бетонів в бетонах на гранітному щебені по відношенню до бетонів на сієнітових щебенях, що свідчить про те, що структура перших, ймовірно, більш дефектна.

Висновки. 1. Механічна активація, яка відбувається при дробленні сієнітового щебеню спрямована в першу чергу на поліпшення якості зони контакту «заповнювач - цементний камінь». Тому активація поверхні сієнітових щебенів (при оголенні активних центрів на поверхні, де зосереджений надлишковий поверхневий заряд) ефективна тільки протягом першого тижня, після чого цей ефект знижується або зникає.

2. Хімічна активація сієнітових щебенів, яка здійснювалась після їх подрібнення, за допомогою розчину суперпластифікатора BV- 12, який володіє сповільнюючою дією, різко знижує ефективність механічної активації в усі терміни твердіння бетонів, які були спостережені. Її особливістю є блокування активних центрів на поверхні подрібненого щебеню, що приводить до уповільнення твердіння бетону, особливо в зоні контакту, і зниження його міцності в цілому.

3. Механічна активація гранітного щебеню дозволяє істотно підвищити міцність бетонів на всьому періоді, що спостерігався і також спрямована на поліпшення зони контакту між щебенем і цементним каменем. На відміну від сієнітового щебеню її ефективність не обмежена часом (це стосується перших двох тижнів після подрібнення).

4. Хімічна активація гранітних щебенів приводить до збільшення міцності бетонів на всіх щебенях (подрібнених і рядових) в порівнянні з міцністю бетонів на щебенях, що пройшли попередню активацію при подрібненні на всьому протязі періоду, що спостерігався. Це дозволяє говорити про аддитивність ефектів різних видів активації.

1. Аяпов У.А. Способ обработки заполнителя / У.А. Аяпов, А.А. Радионова // Оубл. в Б.И.,1980, № 34.
2. Гусев Б.В. Вибрационная технология бетона / Б.В.Гусев, В.Г. Зазимко. – К.: Будівельник, 1991. - 157 с.
3. Крылов Б.А. О воздействии электрического тока на твердение бетона / Б.А. Крылов, А.И. Ли // Бетон и железобетон, 1992. – № 2. – С. 7 – 8.
4. Матвиенко В.А. Электрическая активация в технологии бетона и изделий / В.А. Матвиенко // Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.23.05. - Х., 1993. - 34 с.
5. Ольгинский А.Г. Тяжелые бетоны на заполнителе, обработанном растворами солей / А.Г. Ольгинский, Ю.М. Мельник // труды IX Всесоюзной конф. по бетону и железобетону. – Харьков, 1983. – С. 67 – 69.
6. Соломатов В.И. Интенсивная технология бетонов / В.И. Соломатов, М.К. Тахиров, Мд. Шах Тахер. – М.: Стройиздат, 1989. – 262 с.
7. Усов Б.А. Бетоны с активированными наполнителями и химическими добавками / Б.А. Усов, А.А. Домокеев, А.Ю. Сорокин // Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов: тез. докл., 1989.- С. 113 – 114.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014

УДК 005.8 : 631

А.М.Тригуба, П.М.Луб, А.О.Шарибура, В.В.Грабовець
Львівський національний аграрний університет
Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ПУНКТІВ ЗАГОТІВЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

В статті розглянуто транспортну проблему на прикладі заготівлі молока. Описано існуючі методи визначення раціональних транспортних маршрутів, які спрямовані на підвищення ефективності заготівлі молока. Обґрунтовано ефективні параметри парку спеціалізованих автомобілів на підставі імітаційного моделювання раціональних зв'язних маршрутів із врахуванням територіального розташування пунктів заготівлі молока.

Ключові слова: пункти, заготівля, молоко, розташування, ефективність, маршрути

А.М.Трыгуба, П.М.Луб, А.О.Шарыбура, В.В.Грабовец **ВЛИЯНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ЗАГОТОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

В статье рассмотрено транспортную проблему на примере доставки молока. Описаны существующие методы определения рациональных транспортных маршрутов, которые направлены на повышение эффективности заготовки молока. Обоснованы эффективные параметры парка специализированных автомобилей на основании имитационного моделирования рациональных маршрутов доставки с учетом территориального расположения пунктов сбора молока.

A.Truguba, P.Lub, A.Sharybura, V.Grabovets **INFLUENCE OF TERRITORIAL LOCATION OF POINTS OF PURVEYANCE OF AGRICULTURAL PRODUCE IS ON EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF A TRANSPORT SYSTEM**

The transport problem on an example of milk purveyance is considered. The analysis of existent determination methods of rational transport routes and parameters of specialized cars park, which are sent to increase the efficiency of milk purveyance is carried out. The tasks of the parameters determination of specialized cars for milk treatment enterprise, amount and territorial location of purveyance points, at which the minimum charges of money are arrived at on the purveyance of milk, can be untied due to the imitation modeling of corresponding processes.

The results of researches are show that the efficiency indexes of milk purveyance are depended on descriptions of productive terms, namely: to the presence and state of roads hard-surface, amount and territorial location of milk purveyance points and others like that. As a criterion of efficiency estimation of milk purveyance, the specific erected charges of money are accepted on functioning of transport-purveying infrastructure. The hypothesis of the researches is accepted, that such amount and territorial location of purveyances points of milk treatment enterprise, at which the complete bringing together of the provided milk is arrived at with the minimum charges of money.

On the basis of the researches is grounded that the effective variant of milk treatment enterprise transport-purveying infrastructure at the set park of the specialized cars and different variants of territorial location of milk purveyance points.

Key words: points, purveyance, milk, disposed, efficiency, routes.

Постановка проблеми та завдання дослідження. Реформи, що відбувалися в АПК, спричинили подрібнення господарств, змінили усталену системи виробництва аграрної продукції. Зокрема, обсяги виробництва молока на великих молочно-тваринницьких фермах значно знизилися, водночас зросли у дрібних селянських господарствах [1]. Це зумовило науково-практичну проблему заготівлі молока переробними підприємствами, заготівельно-транспортна інфраструктура (ЗТІ) яких була розрахована на великі ферми.

Ефективність заготівлі молока значною мірою залежить від рівня її організації – обґрунтованості кількості та територіального розташування пунктів заготівлі молока, вибору раціональних зв'язних маршрутів тощо. Критерієм ефективності заготівлі молока є питомі зведені витрати коштів. Існує така кількість і територіальне розташування пунктів заготівлі молокопереробного підприємства, за яких досягається повне зведення заготовленого молока з мінімальними витратами коштів.

©**А.М.Тригуба, П.М.Луб, А.О.Шарибура, В.В.Грабовець**

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений літературний огляд щодо чинних методів і методик визначення раціональних зв'язних маршрутів [2-4] свідчить про їх недосконалість. Зокрема, вони не враховують впливу кількості й територіального розташування пунктів заготівлі на ефективність цього процесу.

Мета дослідження – обґрунтувати територіальне розташування пунктів заготівлі та раціональні зв'язні маршрути на підставі моделювання процесу заготівлі молока.

Науково-методичні підстави дослідження. Заготівля молока відбувається на підставі взаємодії людини, транспортних засобів, пунктів заготівлі з його обладнанням. Результатом цієї взаємодії є обсяг перевезеного молока, показники використання транспортних засобів, поточні витрати тощо. Задача обґрунтування кількості та територіального розташування пунктів заготівлі, за яких досягаються мінімальні витрати коштів на звезення молока, може бути розв'язана завдяки імітаційному моделюванню процесу його заготівлі.

Імітаційна модель складається із наступних блоків:

- 1) формування початкових даних для моделювання;
- 2) моделювання звезення молока від господарств-виробників до пунктів заготівлі та визначення показників ефективності використання транспортних засобів;
- 3) моделювання звезення молока від пунктів заготівлі до молокопереробного підприємства та визначення показників ефективності використання транспортних засобів;
- 4) узагальнення результатів моделювання процесу заготівлі молока для кожного із варіантів територіального розташування пунктів заготівлі та обґрунтування оптимального.

На першому етапі досліджується наявність господарств-виробників, від яких проводиться заготівля молока та обсяги заготівлі в кожному із них. Визначаються віддалі між господарствами-виробниками молока. Здійснюється нормування тривалостей складових маршрутів на підставі експериментальних досліджень. Складовими маршрутів є:

- 1) тривалість холостого переїзду – до першого пункту в маршруті ($t_{x,n}$);
- 2) тривалість завантаження транспортного засобу в пункті заготівлі та оформлення експедиційних документів ($t_{зав}$);
- 3) тривалість переїзду транспортного засобу між пунктами заготівлі ($t_{n,n}$);
- 4) тривалість переїзду від останнього пункту в маршруті до місця доставки молока ($t_{l,n}$);
- 5) тривалість розвантаження транспортного засобу та оформлення експедиційних документів ($t_{роз}$).

Обґрунтовуються варіанти територіального розташування пунктів заготівлі молока. В основу обґрунтування варіантів територіального розташування пунктів заготівлі покладено чинні вимоги щодо заготівлі молока – тривалість доставки молока від доїння до місця його охолодження не повинна перевищувати 2-2,5 год.

Визначаються віддалі між пунктами заготівлі, віддалі між пунктами заготівлі і молокопереробним підприємством та обсяги заготівлі молока кожним із пунктів.

Другий етап передбачає моделювання звезення молока від господарств-виробників до пунктів заготівлі та визначення показників ефективності використання транспортних засобів. Показниками останньої є: тривалість доставки молока до пунктів заготівлі (t_{∂}); пройдений шлях (L_{∂}).

На третьому етапі відбувається моделювання звезення молока від пунктів заготівлі до молокопереробного підприємства за відомим методом [5] та визначаються показники ефективності використання транспортних засобів. Показниками ефективності використання транспортних засобів є: тривалість перебування транспортного засобу на маршруті (t_{μ}); пройдений шлях (L_{μ}) та вантажопотік (W_{μ}). Тривалість перебування транспортного засобу на маршруті визначається як сума її складових

$$t_{\mu} = t_{x,n} + \sum_1^m t_{зав} + \sum_0^{m-1} t_{n,n} + t_{l,n} + t_{роз}, \quad (1)$$

де m - кількість пунктів, що обслуговуються за один маршрут.

Пройдений шлях автомобілем на кожному із маршрутів визначається за формулою

$$L_{\mu} = l_{x,n} + \sum_0^{m-1} l_{n,n} + l_{l,n}, \quad (2)$$

де $l_{x,n}, l_{n,n}, l_{l,n}$ - відповідно віддалі до першого пункту у маршруті, між пунктами заготівлі, що увійшли у маршрут, та від останнього пункту у маршруті до місця доставки молока.

Вантажопотік на кожному із маршрутів визначається за формулою

$$W_{\mu} = \sum_1^n Q_n \times l_n, \quad (3)$$

де Q_n - продуктивність n -го пункту заготівлі; l_n - пройдена віддаль з вантажем, забраним в n -му пункті заготівлі.

На четвертому етапі визначаються для кожного із варіантів територіального розташування пунктів заготівлі сукупні зведені витрати коштів (B_c) на транспортування молока за формулою

$$B_c = B_n + B_k, \quad (4)$$

де B_n, B_k - відповідно поточні та капітальні витрати на транспортування молока, грн.

Варіант розташування пунктів заготівлі $\{Z\}$ вважається оптимальним, якщо (B_c) набуває мінімального значення

$$\Phi[\{Z\}^{opt}] = B_c \rightarrow \min. \quad (5)$$

Результати дослідження. Дослідження ефективності раціональних зв'язних маршрутів від територіального розташування пунктів заготівлі проводилося для умов Кам'янка-Бузького молокозаводу. У результаті комп'ютерних експериментів змодельовано процеси зведення молока для восьми варіантів розташування пунктів заготівлі із застосуванням автомобілів ГАЗ-3302 під час зведення молока від господарств-виробників до пунктів заготівлі та автоцистерн ГАЗ-53А+АЦПТ-3,8 під час зведення молока від пунктів заготівлі до молокозаводу (для окремої доби у інтенсивний період заготівлі молока). За результатами проведених комп'ютерних експериментів розраховували для кожного із варіантів сумарні поточні витрати (B_n) на транспортування молока від господарств-виробників до пунктів заготівлі та від пунктів заготівлі до молокопереробного підприємства, а також визначено сумарні капіталовкладення (B_k), що припадають на функціонування транспортно-заготівельної інфраструктури в цей період. Чисельним методом визначали сумарні зведені витрати (B_c) коштів на транспортування молока для різних варіантів територіального розташування пунктів заготівлі (рис.).

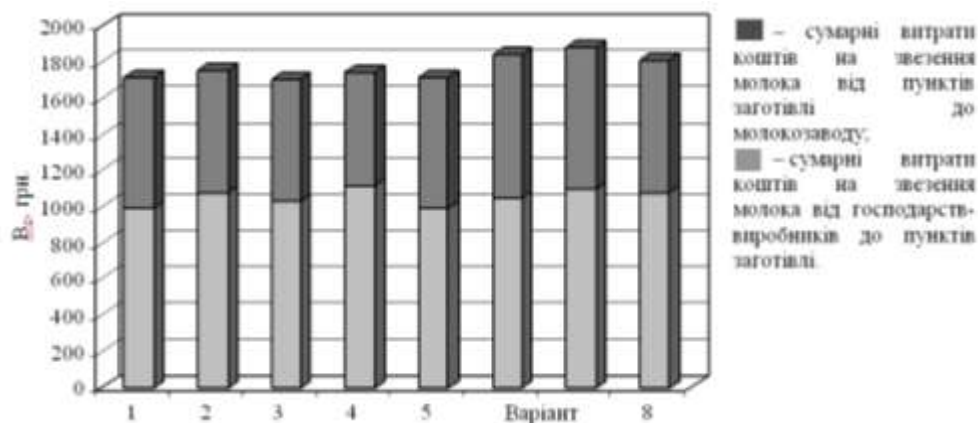


Рис. Гістограма сумарних добових витрат коштів на процеси зведення молока за різних варіантів територіального розташування пунктів заготівлі (для прикладу Кам'янка-Бузького молокозаводу)

Побудована гістограма витрат коштів на процес транспортування молока за різних варіантів територіального розташування пунктів заготівлі свідчить про те, що оптимальним буде варіант №3, який включає 9 пунктів заготівлі, оскільки при цьому будуть найменші сукупні витрати коштів – $V_c = 1702,20$ грн./добу.

Таким чином для Кам'янка-Бузького молокозаводу оптимальним буде варіант з 9 пунктів заготівлі. Для звезення молока від господарств виробників до пунктів заготівлі слід використовувати 24 автомобілі ГАЗ-3302, для звезення молока від пунктів заготівлі до молокозаводу необхідно залучити 3 автоцистерни ГАЗ-53А+АЦПТ-3,8 в період інтенсивної заготівлі, які будуть обслуговувати 12 маршрутів.

Висновки

1. На даний час існує науково-практична проблема централізованої заготівлі молока переробними підприємствами.

2. Ефективність транспортування молока залежить від територіального розташування пунктів заготівлі.

3. Дослідження ефективності процесів транспортування молока від кількості й територіального розташування пунктів заготівлі доцільно виконувати на основі методів імітаційного моделювання.

4. Для транспортування молока з мінімальними витратами коштів Кам'янка-Бузький молокозавод повинен мати: 9 пунктів заготівлі, 24 автомобілі ГАЗ-3302 для звезення молока від господарств-виробників до пунктів заготівлі та 3 автоцистерни ГАЗ-53А+АЦПТ-3,8 для звезення молока від пунктів заготівлі до молокозаводу.

1. Бровко Л.І. Стан та проблеми молочного скотарства в Україні / Бровко Л.І., Ткаченко В.П. // Економіка та підприємство. – 2001. – №3. – С.63–66.
2. Сидорчук О. Наукові підстави формування зв'язних маршрутів централізованої заготівлі молока / Сидорчук О., Боярчук В., Тригуба А. // Вісник Львівського державного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2002. – №6. – С.9–15.
3. Житков В.А. Планирование автомобильных перевозок грузов мелкими партиями / Житков В.А. – М. : Транспорт, 1976. – 112 с.
4. Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками / Кожин А.П. – М. : Высш. шк., 1979. – 302 с.
5. Тригуба А.М. Параметри транспортно-заготівельної інфраструктури молокопереробного підприємства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 "Управління проектами та розвиток виробництва, / А.М. Тригуба, – Львів, 2004. – 17 с.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014

УДК 625.72

Є.Б.Угненко, Н.І.Сорочук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
**ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВІДСТАНИ МІЖ ВОДОВІДВІДНИМИ СПОРУДАМИ
НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ**

У статті проведено порівняльний аналіз методик визначення величини розрахункової витрати поверхневих стоків з подальшим визначенням відстані між водовідвідними спорудами на автомобільних дорогах.

Ключові слова: автомобільна дорога, водовідвідні споруди, гідравлічний розрахунок, поздовжній ухил; поперечний ухил.

Форм 15. Літ 8.

Е.Б.Угненко, Н.И.Сорочук

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ВОДООТВОДНЫМИ
СООРУЖЕНИЯМИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

В статье поведен сравнительный анализ методик определения величины расчётного расхода поверхностных стоков, в зависимости от которого определяются расстояния между водоотводными устройствами на автомобильных дорогах.

Ключевые слова: автомобильная дорога, водоотводные сооружения, гидравлический расчет, продольный уклон; поперечный уклон.

E.Ugненко, N. Sorochuk

DEFINITION OPTIMUM DISTANCE BETWEEN DRAINAGE FACILITIES ROAD

In the article the comparative analysis of methods for determinating a value of design flow to determine intervals of collecting systems on highways is conducted. Science-based intervals of collecting systems are got based on the analysis of existent methods of hydraulic calculation of the collecting systems. It will allow to provide the timely discharge of effluents from surfaced portion of highways. Using the adjusted method it is possible to determine the distances between surge facilities on any of two methods at different combinations of head and cross falls as well as the different widths of highways and material of pavement.

Keywords: highway, collecting system, hydraulic calculation, head fall; cross fall.

Постановка проблеми. При проектуванні водостоків особливу увагу слід приділяти розташуванню дощоприймальних споруд, тому що недостатня їх кількість зменшує ефективність збору води з поверхні автомобільної дороги і знижує безпеку руху, а надмірна кількість призводить до збільшення вартості будівництва та експлуатації [1]. У визначенні відстаней між дощеприймальними ґратами, з умови незатоплюваність проїзної частини дорожнього полотна, полягає складова частина гідравлічного розрахунку водовідвідних систем. Для дотримання умови, яка вказана у СНІП 2.04.03-85, що ширина водного потоку в прибордюрному лотку не повинна перевищувати 2 м, необхідно за допомогою дощоприймальних споруд забезпечити таку витрату в прибордюрному лотку.

Аналіз літератури. Регулювання поверхневого стоку на сьогоднішній день стало важливим завданням в таких країнах як США, Канада, Німеччина, Великобританія, Австралія та інші. Дослідженням в цій області приділяється увага в багатьох організаціях України, а саме: компанії «Стандартпарк», Українському державному науково-дослідному інституті «УкрВОДГЕО», Українському проектному науково-дослідному інституті «УкркомунНІІпроект», Українському науково-дослідному інституті екологічних проблем «УкрНДІЕП».

Існують різні рекомендації щодо визначення відстаней між водовідвідними спорудами: ВСН -Е- 63, СНІП -П -32- 74, ТуїН- 1016 (1962), Молоков М.В. (1964), Меркулов Е.А. (1973), Бакутіс В.Е. (1970).

Всі вони відрізняються між собою, але ні в одній рекомендації автори не дають обґрунтування вибору відстані між дощеприймальними спорудами, також не ясно, чому з збільшенням поздовжнього ухилу відстані спочатку збільшуються, а потім зменшуються [1].

Мета статті - на основі аналізу існуючих методик гідравлічного розрахунку водовідвідних систем отримати науково обґрунтовані відстані між водовідвідними спорудами, що дозволить забезпечити своєчасне відведення стоків з проїзної частини автомобільних доріг.

Викладення основного матеріалу. В даний час існують дві основні методики визначення величини розрахункової витрати, залежно від якої визначаються відстані між водовідвідними спорудами: «Методика розрахунку відстаней між дощеприймальними ґратами по СНіП 2.04.03-85» та «Визначення розрахункової витрати за Інструкцією для проектування систем водовідведення на аеродромах» (Аеродромна методика) [7, 8].

Методика розрахунку відстаней між дощеприймальними ґратами по СНіП 2.04.03-85 [4, 5, 7].

Визначаємо Q_0 - витрата в лотку при $B = 2$ м - максимально допустимій прибордюрній витраті [4, 7].

$$Q_0 = 0,315 \frac{1}{n} \cdot i_n^{5/3} \cdot i_0^{0.5} \cdot B^{8/3} \quad (1)$$

Витрату, що формується на водозборі площею F , рекомендується визначати за формулою (2) [5]:

$$Q = \frac{z_{mid} \cdot A^{1.2} \cdot F}{t_r^{1.2n-0.1}}, \text{ л/с} \quad (2)$$

де z_{mid} - середнє значення коефіцієнта, що характеризує поверхню басейну стоку. Для асфальтобетонних покриттів доріг z_{mid} залежить від A і визначається за таблицею [5]; A - параметр, що визначається за результатами обробки багаторічних записів самописних дощомірів, зареєстрованих у даному конкретному пункті.

За відсутності оброблених даних допускається параметр A визначати за формулою (3) [5]:

$$A = q_{20} 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^\gamma \quad (3)$$

де q_{20} - інтенсивність дощу, л/с на 1га, для даної місцевості тривалістю 20 хв. при $P = 1$ рік, яка визначається за кресленням 1[5]; m_r - середня кількість дощів за рік, що приймається за табл.4, P - період однократного перевищення розрахункової інтенсивності дощу, який приймається за табл.5, γ - показник ступеня, що приймається за табл.4 [5].

У формулі (2) t_r - розрахункова тривалість дощу, хв. $t_r = t_n + t_d$; t_n - час поверхневої концентрації та стікання води по поверхні дороги, яке визначається, виходячи з умови змочування поверхні водозбору попередніми дощами:

$$t_n = \frac{0,0167 \cdot B_{расч.}}{v \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

де 0,0167 - перехідний коефіцієнт від секунд у хвилини [4, 5]; $B_{расч.}$ - фактична відстань скидання від водороздільної точки поперечного перерізу автодороги до осі поздовжнього водоскидного лотка; $\cos \varphi$ - коефіцієнт, що враховує уповільнення швидкості стікання за рахунок розтікання води під кутом до нормального напрямку поперечного ухилу проїзної частини. Кут φ залежить від поздовжнього i_0 та поперечного i_n ухилів дороги і змінюється в залежності від їх різного поєднання в межах 45-60°. Визначаючи швидкість стікання, як розрахункову потрібно

застосовувати ухил у напрямку розрахункового кута розтікання, який дорівнює $i_p = \sqrt{i_0^2 + i_n^2}$; v - швидкість стікання води з поверхні дороги, м/с, визначається за формулою (5) [4].

$$v = \frac{h_{1\%}^{2/3} \cdot \sqrt{i_n}}{n^*} \quad (5)$$

де n^* - коефіцієнт шорсткості для асфальтобетону; i_n - поперечний ухил; $h_{1\%}$ - максимальний шар одночасного стоку при дощі розрахункової повторюваності; t_d - час добігання по лотку до перетину, який розраховується, хв., визначається за формулою (6) [5]:

$$t_d = \frac{0,0167 \cdot L}{h_0^{2/3} \cdot m \cdot i_0^{1/2}} \quad (6)$$

де m - зворотна величина коефіцієнта шорсткості; L - відстань між розрахунковими перетинами; h_0 - максимальна глибина води в лотку, [4]; 0,0167 - перевідний коефіцієнт з секунд в хвилини.

Визначення розрахункової витрати за Інструкцією для проектування систем водовідведення на аеродромах (Аеродромна методика) [1, 4].

Розрахунок водовідвідних систем на дощовий стік слід виконувати за методом граничних інтенсивностей [2, 3]. За цим методом розрахункова витрата Q визначається за формулою:

$$Q = S \cdot F \quad (7)$$

де S - величина стоку, л/с з 1 га; яка визначається по залежності:

$$S = \frac{166,7 \Delta \psi}{t^n} \quad (8)$$

де ψ - коефіцієнт стоку, визначається за рекомендаціями [3] в залежності від матеріалу покриття, $\psi = 0,95$ для асфальтобетону; Δ - параметр, рівний інтенсивності однохвилинного дощу прийнятої повторюваності, мм/хв; t - тривалість дощу, рівна часу добігання води до перетину, який розраховується, хв.:

$$t = t_{скл.} + t_{лот.} \quad (9)$$

$t_{скл.}$ - час добігання води по схилу (час поверхневої концентрації), хв; $t_{лот.}$ - час добігання води по лотку, хв; n - показник ступеня, який характеризує зміну розрахункових інтенсивностей дощів в часі.

Значення параметра Δ визначається по залежності:

$$\Delta = \frac{20^n \cdot q_{20} \cdot (1 + C \cdot \lg P)}{166,7} \quad (10)$$

де q_{20} - параметр, рівний інтенсивності дощу тривалістю 20 хв при $P = 1$ рік., л/с на 1 га; C - коефіцієнт, що враховує кліматичні особливості районів; P - період повторюваності розрахункових інтенсивностей дощів в роках.

Величини q_{20} , n , C визначаються за картограми, наведеними на рис. 1-5 в [3], а період повторюваності розрахункових інтенсивностей дощів P приймається рівним 1 року [7]; F - площа водозбору для перетину, який розраховується, га. $F = L \times B / 10000$, де L - довжина водозбору, м; в наших розрахунках $L = L_0$; B - ширина водозбору, м.

Час добігання води по схилу (час поверхневої концентрації) визначається за формулою (11) [3]:

$$t_{\text{скл.}} = \frac{2,41 \cdot n^* \cdot V_{\text{расч.}}}{\left(\Delta^{0,72} \cdot \psi^{0,72} \cdot I_{\text{расч.}}^{0,5}\right) \frac{1}{1,72-0,72 \cdot n}} \quad (11)$$

де $V_{\text{расч.}}$ - розрахункова ширина схилу стоку, м; $I_{\text{расч.}}$ - розрахунковий ухил схилу; n^* - коефіцієнт шорсткості (СНІП 2.05.02-85), в різних джерелах подаються різні значення для асфальтобетону [6].

При співвідношенні поздовжніх і поперечних ухилів схилу $I_{\text{прод.}}/I_{\text{попер.}} \geq 0,5$ розрахункові величини ухилу і довжини схилу приймаються по лінії найбільшого скату і визначаються за формулами (12) і (13):

$$I_{\text{расч.}} = \sqrt{I_{\text{прод.}}^2 + I_{\text{попер.}}^2} \quad (12)$$

$$V_{\text{расч.}} = \frac{B}{I_{\text{попер.}}} \sqrt{I_{\text{прод.}}^2 + I_{\text{попер.}}^2} \quad (13)$$

де $I_{\text{прод.}}$ - поздовжній ухил; $I_{\text{попер.}}$ - поперечний ухил; B - фактична ширина схилу. При співвідношенні $I_{\text{прод.}}/I_{\text{попер.}} < 0,5$ $I_{\text{расч.}} = I_{\text{попер.}}$, а $V_{\text{расч.}} = B$ [3]. Час добігання води по лотку $t_{\text{лот.}}$ визначається за формулою (14) або по номограмі [3]:

$$t_{\text{лот.}} = \frac{l_{\text{лот.}}}{60 \cdot v_{\text{лот.}}} \quad (14)$$

де $l_{\text{лот.}}$ - довжина ділянки лотка (дороги), м; $v_{\text{лот.}}$ - швидкість руху дощових вод в кінці лотка, м/с.

Значення $v_{\text{лот.}}$ визначається за формулою (15)

$$v_{\text{лот.}} = \frac{1}{n^*} \cdot \left(\frac{h_{\text{л}}}{2}\right)^{2/3} \cdot I_{\text{прод.}}^{1/2} \quad (15)$$

де $h_{\text{л}}$ - глибина потоку в лотку в низовому перерізі розрахункових ділянок [3, 8]; $I_{\text{прод.}}$ - поздовжній ухил прибордюрного лотка.

Висновки.

Провівши порівняльний аналіз двох методик можна зробити наступні висновки :

- час добігання води по лотку однаково при рівних відстанях в обох методиках, відмінності спостерігаються лише в значеннях часу поверхневої концентрації стоку ($t_{\text{скл.}}$);
- величини $t_{\text{лот.}}$ і $v_{\text{лот.}}$ при заданих однакових відстанях збігаються, розходження в часі відбувається через різні значення гідрологічного параметра n ;
- обидві методики дають однакове значення відстані від водорозділу до першої дощоприймальної споруди;
- із збільшенням поздовжнього ухилу відстані між дощоприймальними спорудами спочатку збільшуються, а потім зменшуються, причина цього явища ще не з'ясована;
- користуючись скоригованою методикою, можна визначати відстані між дощеприймальними спорудами по кожній із двох методик при різних поєднаннях поздовжніх і поперечних ухилів, а також для різної ширини автомобільних доріг і матеріалу покриття.

1. Карагодин В.Л. Отвод поверхностной воды с городской территории / Карагодин В.Л., Молоков М.В. – М.: Стройиздат, 1974.
2. Овчинников И.Г. Проезжая часть автодорожных мостов (Дорожная одежда, гидроизоляция, водоотвод). – Саратов, 2003.
3. Инструкция по проектированию систем водоотвода на аэродромах. – М., 1982.
4. Ильина А.А. Методика расчёта и проектирования водоотвода с поверхности автомагистралей. Автореф. дис....канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 1999.
5. СНИП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
6. СНИП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
7. Отчёт о НИР 3. «Разработка усовершенствованных конструкций и методик расчета сооружений для отвода и очистки вод поверхностного стока с покрытий дорог и мостов с составлением рекомендаций». – М.: МГУП, 2004.
8. М.В. Беспрозванный Сравнение методик расчета расстояний между дождеприемными устройствами / М.В. Беспрозванный, Н.В. Ханов.- Материалы международной научно-практической конференции "Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем " - М.: 2006.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2014

УДК 621.432.3

Г.А.Філіпова, О.В.Орисенко, А.І.Криворот, О.М.Голуб, О.О.Капуста
Національний транспортний університет
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
СПОСОБИ ПОЛІПШЕННЯ ІНДИКАТОРНИХ ТА ЕФЕКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ
ДВИГУНА ЗМЗ-4063 ПРИ РОБОТІ НА ГЕНЕРАТОРНОМУ ГАЗІ

У статті проаналізовано можливість використання генераторного газу як альтернативного палива для двигуна ЗМЗ-4063 та способи поліпшення індикаторних та ефективних показників двигуна при роботі на газі за допомогою наддуву.

Ключові слова: газифікація, генераторний газ, газогенераторне паливо, двигун внутрішнього згорання, індикаторні та ефективні показники, наддув.

Рис 1. Табл. 3. Літ 11.

Г.А.Филиппова, А.В.Орисенко, А.И.Криворот, А.Н.Голуб, А.А.Капуста
СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЯ ЗМЗ-4063 ПРИ РАБОТЕ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

В статье проанализирована возможность использования генераторного газа в качестве альтернативного топлива для двигателя ЗМЗ-4063 и способы улучшения индикаторных и эффективных показателей двигателя при работе на газе с помощью наддува.

Ключевые слова: газификация, генераторный газ, газогенераторные топливо, двигатель внутреннего сгорания, индикаторные и эффективные показатели, наддув.

G.Filipova, O.Orysenko, A.Kryvorot, O.Golub, O.Kapusta,
THE ADVANCED METHODS TO IMPROVE THE INDICATOR AND EFFECTIVE
INDEXES OF ENGINE ZMZ- 4063 OPERATING ON GENERATOR GAS.

In the article are presented the results of the theoretical researching ZMZ- 4063 engine during the work on petrol, generator gas and generator gas with application of supercharger.

The researched object is ZMZ-4063 engine.

The aim of the work is presentation the results of researching the possibility of adaptation the existent model of ZMZ-4063 engine for working on generator gas without loss the engine power and velocity.

The research method is the calculation analysis of engine output parameters during their working on different fuels.

Today generator gas is considered as a progressive type of alternative fuel. However gas-producing cars which were mass-produced in 20 - 60 XX of century on many technical and operating indicators gave in the base petrol cars. The number of researchers have noted the sharp decrease in the vehicle engine power (sometimes up to 50%) at it's re-equipment from petrol on generator fuel. As a result there was worsening the vehicle operating characteristics. This is due to lower heat value of mixture the air-gas and cylinder filling coefficient.

This problem can be decided by increasing the degree of compression and applying a supercharger. By this way can be reached the increasing liter power of engine, which is working on generator gas to the level of work on petrol power.

By a thermal calculation were received the effective and indicatory indexes of ZMZ-4063 engine during it's work on traditional fuel - petrol and alternative - generator gas. The comparison of these indexes shows that when the engine operates using an alternative fuel with application the supercharge it is possible to get the same liter engine power, as well as on petrol.

The obtained results will be used in further experimental and theoretical researches.

Expected hypothesis about development the object of researching - search and operate technical measures and ways to improve fuel efficiency and minimize time of overlocking car - model "Gazelle" by optimization a number of transmission gear-ratios.

Keywords: gasification, generator gas, generator gas fuel, internal combustion engine indicatory and effective indexes, supercharging.

Постановка проблеми. Високий попит на енергію, а також забруднення навколишнього середовища внаслідок використання традиційних нафтових палив спонукає до пошуку нових, відновлюваних і екологічно чистих джерел енергії, зокрема таких, як біопалива. У багатьох країнах світу, включаючи і найбільш розвинені, велика увага приділяється технологіям виробництва і використання місцевих і відновлюваних джерел енергії. Найдоступнішим при цьому є біомаса у вигляді деревних або сільськогосподарських відходів, а найбільш ефективним способом переробки біомаси є газифікація в газогенераторних установках [1, 2].

Дослідження ведуться в напрямку створення нових та адаптації існуючих систем живлення двигунів для отриманого генераторного газу. Газогенераторні автомобілі, які випускались серійно у 20 – 60 рр. ХХ століття, за багатьма техніко-експлуатаційними показниками поступались

базовим бензиновим автомобілям. Ряд дослідників відмічали різке зменшення потужності двигуна автомобіля (іноді до 50%) при його переведенні з бензину на газогенераторне паливо [3, 4]. Внаслідок зменшення потужності зменшуються сила тяги автомобіля та його максимальна швидкість, погіршується прийомистість, збільшується час розгону. Отже, дослідження, спрямовані на збільшення потужнісних характеристик двигуна при його переведенні на газогенераторне паливо, є актуальними.

Аналіз досліджень і публікацій із даної проблеми. Генераторний газ утворюється в результаті газифікації твердого палива у спеціальних установках – газогенераторах. Газифікації може бути піддана більшість відомих видів твердих горючих копалин (вугілля, торф тощо), а також відходи виробництва (органічні відходи, відходи лісового господарства) [1, 2].

Розвитку газогенераторних автомобілів значно сприяло створення французьким інженером Георгом Імбертом у 1919 р. газогенератора зворотного процесу газифікації [3, 5]. Протягом 20-х років ХХ ст. набули поширення автомобілі з генераторами, які встановлювалися на автомобільні шасі або причепи. В якості палива використовувалась деревина. У Німеччині в 1938-1941 рр. випускали газогенератори, які працювали на брикетах з буровугільної крихти та пилу, оскільки ця сировина була наявна там у достатній кількості. У 1939 р. в Європі налічувалося близько 9 тис. газогенераторних автомобілів. Порівняно з бензиновими аналогами вони мали ряд суттєвих недоліків, серед яких слід виділити збільшену масу автомобіля, невеликі крутний момент і потужність двигуна, низьку максимальну швидкість (близько 30 км/год), ненадійність газогенераторного обладнання, що призводила до частих простоїв. Як один із способів підвищення потужності двигуна, який працює на генераторному газі, розглядалося застосування наддуву. Згідно з даними досліджень, які проводились у 40-х роках ХХ століття в СРСР, застосування об'ємного нагнітача дозволило підвищити крутний момент на колінчастому валу двигуна при частоті 1400 – 1500 об/хв на 20%, а застосування відцентрового нагнітача – на 30...40% на частотах обертання колінчастого вала 1500...2500 об/хв [6].

Сьогодні генераторний газ розглядається як прогресивний вид альтернативного палива, яке може використовуватись і для автомобільного транспорту, і для децентралізованих електростанцій. У 1980-х і на початку 1990-х років були реалізовані численні проекти електрифікації із застосуванням електростанцій з приводом від ДВЗ, які працюють на газогенераторному паливі [7, 8]. На даний час увагу науковців привертають дослідження, спрямовані на удосконалення автомобілів, двигуни яких працюють на альтернативних паливах. Так, наприклад, в країнах Європи результати досліджень вже набули практичного використання у вигляді застосування міських маршрутних транспортних засобів, які працюють на біогазі [9].

Метою даної статті є висвітлення результатів дослідження можливості адаптації існуючої моделі бензинового карбюраторного двигуна ЗМЗ-4063 для роботи на генераторному газі без втрати потужнісних та швидкісних характеристик. Тема є актуальною, оскільки двигун цієї моделі встановлюється на автомобілях сімейства «ГАЗель», які широко використовуються для вантажних та пасажирських перевезень на теренах України.

Виклад основного матеріалу. Двигуни внутрішнього згорання, для яких паливом служить горючий газ, називаються газовими. За принципом роботи вони аналогічні бензиновим двигунам [10]. Будь-який карбюраторний двигун може бути пристосований для роботи на газі шляхом заміни карбюратора змішувачем, в якому відбувається приготування газоповітряної суміші. Це говорить про можливість використання і генераторного газу як палива.

У роботі [11] було показано, що в результаті газифікації деревини отримуємо найбільший серед представлених зразків сировини вихід горючих газів і що вони у своєму складі мають високий вміст СО та СН₄ і низький вміст СО₂ та N₂. Також було відмічено, що на склад та нижчу теплоту згорання (НТЗ) отриманого газу впливає і розмір гранул: газ, що генерувався з гранул діаметром 8 мм, має дещо меншу НТЗ, ніж газ, отриманий із гранул того ж матеріалу, але меншого діаметру (6 мм). Тому оптимальним варіантом було визначено використання газу, отриманого із гранул деревини діаметром 6 мм.

Показники складу (в об'ємних частках у відсотках кожного компонента) та нижча теплота згорання цього газу наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Середні показники складу та нижча теплота згоряння газу із гранул деревини Ø 6 мм

Компонентний склад газу, (%)					Запас енергії
N ₂	CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	НТЗ (МДж/нм ³ сухого газу)
50,4 ± 1,7	25,7 ± 1,7	11,9 ± 1,1	2,6 ± 0,2	9,9 ± 1,0	5,4 ± 0,3

Газоповітряна суміш відрізняється від бензоповітряної високими антидетонаційними властивостями, а також тим, що в циліндрах двигуна при роботі на ній не відбуваються конденсація палива та розрідження оливи. Це в свою чергу зменшує спрацювання двигуна і тим самим збільшує ресурс його роботи. Основним недоліком генераторного газу є його низька теплотворність і відповідно нижча теплотворність газоповітряної суміші порівняно з бензоповітряною. Також газоповітряна суміш має меншу швидкість згоряння, ніж бензоповітряна, продукти згоряння газоповітряної суміші мають менший об'єм; при цьому зменшується коефіцієнт молекулярної зміни робочого тіла, тому індикаторний К.К.Д. двигуна при роботі на газоповітряній суміші зменшується. Крім того, при роботі двигунів із зовнішнім сумішоутворенням на газі зменшується коефіцієнт наповнення циліндрів у зв'язку з меншою, ніж у бензоповітряної, густиною газоповітряної суміші.

Як наслідок, літровоа потужність двигунів газогенераторних автомобілів зазвичай не перевищує 5,2...13,2 кВт, тоді як для сучасних бензинових двигунів вона дорівнює 13,2...22,1 кВт.

Для того, щоб підвищити ефективну потужність двигуна, застосовують методи, пов'язані зі збільшенням величини середнього ефективного тиску, на який у свою чергу впливають три найважливіші параметри: теплотворність горючої суміші, коефіцієнт наповнення циліндрів, індикаторний К.К.Д.

Одним із шляхів підвищення потужності газових двигунів є збільшення коефіцієнта наповнення усуненням підігріву газоповітряної суміші, а також зменшення опорів у впускній системі. Але найбільш суттєвим способом підвищення потужності двигуна без значної переробки та ускладнення конструкції є застосування наддуву, який дозволяє підвищити густину робочого тіла. Межею підвищення потужності переобладнаних двигунів при застосуванні наддуву є міцність кривошипно-шатунного механізму і теплова напруженість двигуна. У разі перевищення умов міцності і теплової напруженості необхідно створювати спеціальні газові двигуни збільшеного літражу з посиленими деталями кривошипно-шатунного механізму та спеціально пристосованим електрообладнанням (з більш потужним стартером та вищою напругою на електродах свічок), що є економічно невигідним. Якщо поєднувати наддув з підвищенням ступеня стиску, то можна при роботі на генераторному газі досягти приблизно такої ж літрової потужності, як при роботі на бензині.

Для наддуву використовують поршневі, ротаційні або відцентрові нагнітачі, які мають механічний привід або приводяться в дію відпрацьованими газами двигуна. Використання для приводу нагнітача енергії відпрацьованих газів дозволяє значно зменшити витрату потужності на приведення в дію нагнітача. Зазвичай відцентровий нагнітач з'єднаний в одному агрегаті з газовою турбіною, яку встановлюють на шляху проходження відпрацьованих газів від двигуна до глушника. Останнім часом з'явилися відцентрові нагнітачі, які приводяться в дію електричним двигуном. Такий привід не впливає на опір у системі випуску двигуна. На відміну від нагнітачів з приводом від відпрацьованих газів, які починають працювати лише тоді, коли колінчастий вал досягає певної кутової швидкості, нагнітачі з електроприводом можуть працювати у всьому швидкісному діапазоні двигуна, навіть при його запуску. Кількість повітря, що нагнітається, регулюється системою управління двигуном. Для бензинових двигунів основним параметром регулювання є кут повороту дросельної заслінки.

Для теоретичного дослідження можливості поліпшення показників роботи двигуна на генераторному газі за допомогою наддуву були проведені тепловий розрахунок двигуна при роботі на різних видах палива (бензині та генераторному газі, у тому числі на генераторному газі – без наддуву та з наддувом за різних характеристик наддуву), а також динамічний розрахунок кривошипно-шатунного механізму при роботі на генераторному газі з наддувом за характеристик

наддуву, які дають оптимальні результати роботи двигуна на генераторному газі (потужність та крутний момент двигуна знаходяться на рівні цих показників при роботі на бензині).

При розрахунках були прийняті такі допущення: наддув здійснюється за допомогою відцентрового нагнітача з електричним приводом, що дає можливість виключити із математичної моделі втрати потужності на привод нагнітача, спричинювані додатковим опором у системі випуску; тиск наддуву при мінімальній частоті обертання колінчастого вала (800 об/хв) становить 0,12 МПа, а при максимальній (4500 об/хв) варіюється у межах від 0,14 до 0,30 МПа.

За результатами багатоваріантних розрахунків для різних величин тиску нагнітання при частоті обертання колінчастого вала двигуна 4500 об/хв (у діапазоні від 0,14 до 0,30 МПа з кроком 0,02 МПа) встановлено, що при тиску 0,18 МПа досягаються показники роботи двигуна ЗМЗ-4063 на генераторному газі на рівні показників при роботі на бензині. Розрахунком підтверджено, що умова міцності кривошипно-шатунного механізму за тиску наддуву 0,18 МПа при 4500 об/хв виконується. У таблиці 2 наведено результати розрахунків основних показників тиску в циліндрах двигуна ЗМЗ-4063 при його роботі на бензині, генераторному газі та генераторному газі з наддувом за тиску наддуву 0,18 МПа при 4500 об/хв.

Таблиця 2

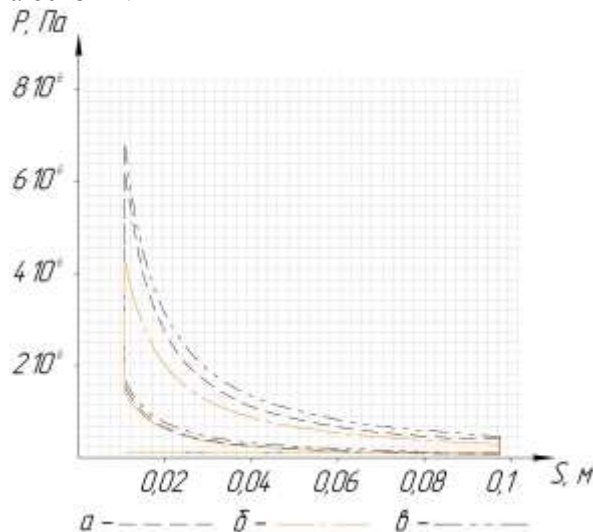
Показники тисків при $n = 4500$ об/хв при роботі двигуна на різних видах палива

Параметр	Бензин	Генераторний газ (без наддуву)	Генераторний газ (з наддувом при тиску 0,18 МПа)
P_0 , МПа	0,1010	0,1010	0,1800
P_a , МПа	0,0820	0,0759	0,0902
P_b , МПа	0,3836	0,3046	0,4414
P_c , МПа	1,5570	1,4110	1,7140
P_z , МПа	6,2290	4,2320	6,8560
P_r , МПа	0,1260	0,1162	0,1760

Індикаторні діаграми роботи ДВЗ на різних видах палива мають вигляд, представлений на рис. 1.

Як видно із рисунка 1, площа індикаторної діаграми при роботі двигуна на генераторному газі без наддуву менша за аналогічний показник при роботі на бензині, але при застосуванні наддуву досягає практично такої ж величини, що і при роботі на бензині.

У таблиці 3 представлені індикаторні та ефективні показники роботи двигуна ЗМЗ-4063 на різних видах палива. На генераторному газі при застосуванні наддуву значення цих показників сягають такого ж рівня, що і на бензині. Потужність та крутний момент при застосуванні наддуву збільшуються на 35% порівняно з роботою на генераторному газі без наддуву і не поступаються цим показникам при роботі на бензині.



а – бензин; б – генераторний газ (без наддуву); в – генераторний газ (з наддувом за тиску 0,18 МПа при 4500 об/хв)

Рис. 1. Індикаторні діаграми двигуна при роботі на різних видах палива

©Г.А.Філіпова, О.В.Орисенко, А.І.Криворот, О.М.Голуб, О.О.Капушта

Індикаторні та ефективні показники двигуна ЗМЗ-4063

Показник	Бензин	Генераторний газ (без наддуву)	Генераторний газ (з наддувом)
P_i , МПа	1,0625	0,6407	1,1054
N_i , кВт	90,9003	54,9730	90,4150
M_i , Н·м	192,8960	116,5010	191,8350
P_e , МПа	0,8810	0,4914	0,8840
N_e , кВт	75,5023	42,9342	75,8345
M_e , Н·м	160,0220	91,5755	161,6273

Висновки. Застосування наддуву в газових двигунах позитивно впливає на протікання термодинамічного процесу, дає можливість компенсувати втрату потужності при роботі на генераторному газі та досягнути при роботі на цьому виді палива такого ж рівня індикаторних та ефективних показників, що й при роботі на бензині. Підвищення потужності двигунів при застосуванні наддуву обмежується умовами міцності кривошипно-шатунного механізму та теплової напруженості двигуна.

1. Терентьев В.М. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / В.М. Терентьев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль. – М. : Химия, 1989. – 272 с.
2. www.biogasportalen.se
3. Токарев Г.Т. Газогенераторные автомобили / Г.Т. Токарев. – М. : Машгиз, 1955. – 207 с.
4. Ленин И.М. Автомобильные и тракторные двигатели. Ч 1. Теория двигателей и системы их топливоподачи / И.М. Ленин, А.В. Костров, О.М. Малашкин, И.Я Райков, Г.И. Самоль. – М. : Высшая школа, 1976. – 368 с.
5. Alte Technik mit Zukunft – die Entwicklung des Imbert-Generators Eckermann, Erik. – München : Oldenbourg, 1986.
6. Гуреев А.А. Автомобильные бензины. Свойства и применение / А.А. Гуреев, В.С. Азев. – М. : Нефть и газ, 1996. – 444 с.
7. Stassen HE. Small-scale biomass gasifiers for heat and power: a global Review. World bank technical paper no 296; 1995.
8. FAO (food and agricultural organisation of the United nations). Wood gas as engine fuel. FAO forestry papers no 72; 1986.
9. www.balticbiogasbus.eu
10. Гайнуллин Ф.Г. Природный газ как моторное топливо на транспорте / Ф.Г. Гайнуллин, А.И. Гриценко, Ю.Н. Васильев, Л.С. Золотаревский. – М. : Недра, 1986. – 255 с.
11. Філіпова Г.А., Криворот А.І. Експериментальне дослідження генераторного газу із різних видів біомаси / Галина Андріївна Філіпова, Анатолій Ігорович Криворот // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2013. – Вип. 27. – С. 137-143.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 625.852/853

О.П.Шимчук

Луцький національний технічний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ХОЛОДНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ЦІЛОРІЧНОГО ЯМКОВОГО РЕМОНТУ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ

У статті наведено технологію приготування холодних органо-мінеральних сумішей, які мають високу економічну ефективність та можливість цілорічного укладання, завдяки використанню матеріалів з покращеними властивостями та дешевіших в порівнянні з традиційними.

Ключові слова: холодна органо-мінеральна суміш, модифікуюча добавка, ямковий ремонт, зчеплення, рухливість, клеюча здатність.

Рис 3. Літ 3.

А.П.Шимчук

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ХОЛОДНЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ КРУГЛОГОДИЧНОГО ЯМОЧНОГО РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В статье приведено технологию приготовления холодных органо-минеральных смесей, которые имеют высокую экономическую эффективность и возможность круглогодичного использования, благодаря использованию материалов с улучшенными свойствами и дешевых по сравнению с традиционными.

Ключевые слова: холодная органо-минеральная смесь, модифицирующая добавка, ямочный ремонт, сцепление, подвижность, клеючая способность.

A.Shymchuk

TECHNOLOGY PREPARATION OF COLD ORGANO-MINERAL BLEND FOR YEAR-ROUND PIT REPAIR OF ASPHALT PAVEMENT

The article describes the technology of preparation of cold organic-mineral compounds with high economic efficiency and the possibility of concluding a year-round, thanks to the use of materials with improved properties and cheaper than traditional.

Keywords: cold organo-mineral mixture, modifying additive patching repairs, clutch, mobility, a key ability.

Постановка проблеми. В умовах коли наша держава стала безпосереднім сусідом Євросоюзу, а також прагне стати його повноцінним членом, потрібно наблизити розвиток усіх галузей народного господарства до європейського рівня, насамперед встановити вимоги до використання широкої гамми продукції яка б відповідала європейським стандартам якості.

Автомобільні дороги постійно зазнають навантаження і піддаються впливам атмосферних явищ, вони зношуються. Також зі зростаючими вимогами до пропускну здатності автодороги морально застарівають. Все це породжує необхідність в капітальному або поточному ремонті практично всіх автомобільних доріг. Особливу увагу потрібно привернути проблемі відновлення доріг, котра виникла у державі, а саме проблемам ямкового ремонту. Зміна температури та вологі навколишнього середовища, несвочасне проведення ремонтних робіт та недотримання технології їх виконання призводить до руйнування дорожнього одягу автомобільних доріг.

Тому виникає проблема відновлення дорожнього покриття в будь-яку пору року, враховуючи неможливість використання традиційних матеріалів, а саме – гарячих асфальтобетонних сумішей. Таким чином, питання технології та якісних матеріалів для відновлення експлуатаційних властивостей автомобільних доріг на сьогоднішній день є досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Можливість використання модифікованих холодних сумішей для ямкового ремонту в дорожньому будівництві вивчали науковці як в Україні, так і за кордоном [1,2]. Проте питанням добавки до холодних органо-мінеральних сумішей, модифікованих добавкою Perma-Patch Concentrate в якості розріджувача мазуту марки 100 дослідники уваги не приділяли.

Метою роботи було використання при приготуванні холодних органо-мінеральних сумішей в якості розріджувача для бітуму мазуту марки 100 та дослідження його впливу на структуру і властивості даних сумішей.

Результати досліджень. Існує кілька груп матеріалів для аварійного ямкового ремонту: гарячі та холодні асфальтобетонні суміші, холодні органо-мінеральні та бітумо-мінеральні суміші спеціального складу, а також литі гарячі асфальтобетонні суміші.

Взимку, навесні та восени ямковий аварійний ремонт виконують холодними сумішами. Адже сучасні суміші модифіковані адгезивними, структуруючими та іншими добавками. Це дозволяє зберігати їх тривалий час та використовувати під час несприятливих погодних умов. Такі асфальтобетонні суміші можна використовувати при температурі до -30°C .

Холодні суміші отримують змішуванням взятих у відповідних співвідношеннях щебеню та в'язучого – нафтового дорожнього розрідженого бітуму, модифікованого органічною добавкою Perma-Patch Concentrate.

Однією з найбільших переваг даних холодних сумішей є здатність після приготування тривалий час залишатись рухливими і при зберіганні в штабелях не злежуватись. Це досягається використанням розріджених бітумів з меншою в'язкістю, ніж в тих, що застосовуються в традиційних холодних асфальтобетонах.

Для визначення складу та властивостей холодних органо-мінеральних сумішей, модифікованих органічною добавкою Perma-Patch Concentrate проводились дослідження на базі лабораторії ДП «Волинський обласдор». Для приготування модифікованого бітуму використовувався бітум Кременчуцького нафтопереробного заводу марки БНД 60/90.

З метою порівняння впливу вмісту модифікуючої добавки Perma-Patch Concentrate на бітум, було проведено дослідження з різним відсотковим вмістом даного модифікатора. Кожний дослід проводився в трьохкратній повторності і, остаточно, приймалося середньоарифметичне значення отриманих результатів.

Для порівняння розглядалося зчеплення бітуму БНД 60/90 без добавок (рис. 1а), а також модифікованого бітуму БНД 60/90 з добавкою Perma-Patch Concentrate (рис.1б). Дослід показав, що при вмісті в бітумі 2,45% добавки він зчіплюється з щебенем найкраще. Тобто дана добавка проявляє себе як адгезійна.



а)



б)

**Рис. 1. Зразки зчеплення бітуму з щебенем:
а) без добавок; б) з добавкою Perma-Patch Concentrate**

Для приготування холодної суміші використовують кубовидний щебінь фракції 5-10 мм із природного каменю. Як розріджувач для бітумів використовувався мазут марки 100.

Проведення експериментальних досліджень дозволило визначити оптимальний склад холодних органо-мінеральних сумішей та органічного в'язучого, згідно яких вміст бітуму складає 70 %, мазуту марки 100 – 27,55 %, добавки Perma-Patch Concentrate – 2,45 %.

Холодні суміші готують на асфальтобетонних заводах в змішувальних установках примусової дії. Асфальтобетонні заводи повинні бути дооснащені устаткуванням для приготування розрідженого бітуму, модифікованого добавкою Perma-Patch Concentrate.

Органічна добавка Perma-Patch Concentrate подовжує термін зберігання рухливого стану холодних сумішей, забезпечує їх необхідне ущільнення, підвищує когезійну міцність, а також покращує зчеплення в'язучого з мінеральною частиною суміші.

Ключочу здатність холодної органо-мінеральної суміші оцінювали за зовнішнім виглядом рис. 2.

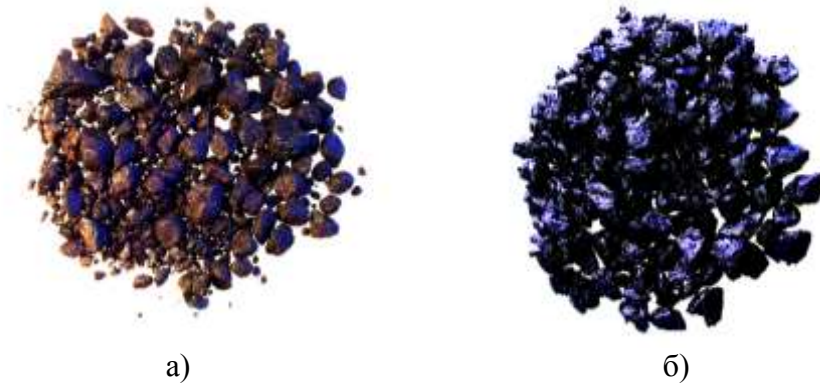


Рис. 2. Зразки ключочої здатності холодної органо-мінеральної суміші: а) без добавок; б) з добавкою Perma-Patch Concentrate

З метою встановлення рухливості та можливості укладання при низьких температурах наважували пробу холодної органо-мінеральної суміші масою 1кг та завантажували у морозильну камеру. Після встановлення стабільної температури в камері фіксували відлік часу та витримували там суміш протягом 12 годин. Потім її видаляли з камери і пробували перемішувати. Якщо цей процес проходив без значних зусиль, то вважали, що холодна суміш пройшла випробування і є рухливою.

Технологічна схема приготування холодної суміші наведена на рис. 3 [2].

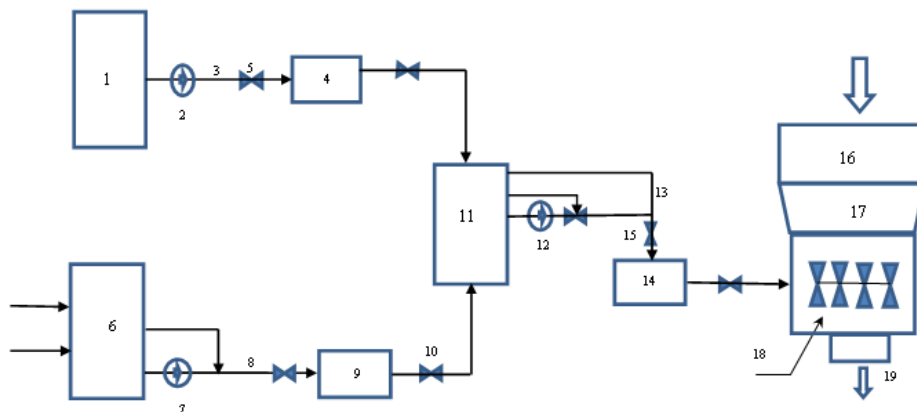


Рис. 3. Технологічна схема приготування холодної суміші:

1 - ємкість з бітумом; 2 - насос подачі бітуму; 3 - трубопровід подачі бітуму; 4 - дозатор бітуму; 5, 10, 15 – крани; 6 - ємкість для приготування двохкомпонентної суміші (мазут марки 100 + добавка Perma-Patch Concentrate) об'ємом 3 м³; 7 - насос подачі двохкомпонентної суміші; 8 - трубопровід для подачі двохкомпонентної суміші в дозатор; 9 - об'ємний дозатор; 11 - ємкість для отримання в'язучого; 12 – насос; 13 – трубопровід; 14 - дозатор в'язучого; 16 - бункер для мінеральних матеріалів; 17 - ваги для дозування щебеню; 18 - лопатева мішалка; 19 - затвор для вивантаження холодної суміші.

Технологія приготування холодних сумішей складається з таких основних операцій:

- приготування в'язучого;
- підготовка мінерального матеріалу;
- дозування, змішування мінерального матеріалу та в'язучого, випуск суміші.

Технологія приготування в'язучого складається з таких послідовних операцій:

- подача бітуму марки БНД 60/90 або зі сховища в котел бітумним насосом;
- зневоднення бітуму в котлі за температури 100-110 °С;
- дозування та змішування механічними мішалками або шляхом циркуляції бітумним насосом добавки Perma-Patch Concentrate з мазутом марки 100 за температури 20-40 °С;
- подача суміші мазуту марки 100 з добавкою Perma-Patch Concentrate у бітумний котел або змішувальну установку, де відбувається перемішування з бітумом шляхом циркуляції або механічною мішалкою за температури 120-130 °С;

Мінеральний матеріал потрібного зернового складу нагрівають до температури 65-75 °С.

Приготування холодних сумішей передбачає попереднє дозування кам'яних матеріалів за фракціями, «сухе» змішування з подальшим введенням в'язучого і «мокре» змішування усіх компонентів.

Готову холодну суміш вивантажують в автомобілі для подальшого використання або зберігання (в мішках або насипом).

Висновок. Отримані результати дозволяють стверджувати, що використання модифікуючої добавки Perma-Patch Concentrate дозволяє підвищити якість бітуму, а застосування в якості розріджувача мазуту марки 100 значно здешевлює холодну органо-мінеральну суміш в порівнянні з традиційними розріджувачами. Тому, на основі вищевикладеного, використання вказаних холодних сумішей при ямковому ремонті забезпечує:

- тривалий термін служби відремонтованої ділянки покриття;
- високу економічну ефективність: завдяки використанню матеріалів з поліпшеними властивостями збільшуються міжремонтні строки та мінімізуються витрати на додаткові заходи по ліквідації руйнувань і на покупку розріджувача для бітуму;
- наявність та доступність потрібних матеріалів, обладнання, машин та механізмів;
- простоту ремонту;
- можливість виконання ремонтних робіт в зимовий період;
- оперативність відкриття руху транспорту після проведення ремонту;
- енергозбереження за рахунок зниження температур приготування та укладання дорожніх матеріалів;
- покращення екологічного стану завдяки зменшенню надходжень шкідливих речовин в навколишнє середовище при проведенні ремонтних робіт.

1. Шилін І.В. Актуальність використання органо-шлакобетонів для виконання ремонтно-відновлювальних дорожніх робіт у східній Україні. / Шилін І.В., Грицук Ю.В., Бурих Г.М.// Будівництво, реконструкція та експлуатація конструкцій і споруд залізничного транспорту. – Донецьк: ДонІЗТ / Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2013. № 33.
2. Тимчасовий технологічний регламент на приготування холодних органо-мінеральних сумішей, модифікованих органічною добавкою Perma-Patch Concentrate, для цілорічного ямкового ремонту асфальтобетонних покриттів ТТР 33629017-001:2009 /В.К. Вирожемський, С.В. Кіщинський та ін. – ДерждорНДІ, 2009. – 31с.
3. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве / Под ред. Золотарьова В.А. – Харьков, 2003. – 28с.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014