НАУКОВІ НОТАТКИ

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

Випуск 46
(травень-червень)
2014

Луцьк 2014

УДК 621. (0)÷629.7; 539

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

© Луцький національний технічний університет, 2014 р.

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.** № 216.
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
Арсеньєва Н.О., Ряпухін В.М. *Визначення міцності на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів за критерієм Писаренко-Лебедєва – 2*.....	7
Батракова А.Г. *Діагностика дорожніх одягів із застосуванням георадарних технологій*……..	12
Березін Л.М. *Розрахунки деталей складних форм та критеріальних за розмірами на втомлену довговічність та надійність* ……..	22
Біліченко В.В., Рациборинський В.В. *Аналіз підходів до класифікації автотренажерів для підготовки водіїв*……	29
Біліченко В.В., Цимбал С.В., Мирниця А.В. *Вдосконалення міських пасажирських перевезень шляхом застосування експресного режиму руху*……..	38
Бугайов І.С., Єрмак О.М. *Щодо дослідження пунктів тяжіння пішохідних потоків*…….	43
Величко Л.Д., Петрученко О.С., Дзюба А.О. *Оцінка впливу характеристик підпружинення на коливання встановлених на транспортні засоби об'єктів*……..	50
Вельган І.В. *Особливості властивостей і технології виготовлення крупнопористих бетонів*…….	55
Вольченко А.И., Н.В.Кашуба, А.В.Возный. *Фрикционное взаимодействие термонапряженных ободов тормозных брабанов*……..	63
Вольченко Н.А., Малык В. Я., Красин П.С. *К вопросу прогнозирования конструктивных параметров тормозных барабанов колодочных тормозов транспортных средств*…….	71
Воробьев Ю.А., Нечипорук Н.В., Кобрин В.Н., Шостак И.В. *Модели онтологий и онтологической системы поддержки принятия решений по выбору ручных импульсных устройств*……..	77
Гайдукевич В.А. *Метод мінімізації функціоналу інформативності дорожнього середовища*.....	84
Гамеляк І.П., Усиченко О.Ю., Дмитренко Л.А., Коломієць А.Я. *Дослідження термостійкості жорстких граток* ……	88
Гасенко Л.В., Литвиненко Т.П. *Порівняльний аналіз основних вимог, що висуваються до велосипедної інфраструктури в Україні та за кордоном* …….	98
Гембарський О.С., Поляков А.П. *Підвищення рівня підготовки водіїв машин інженерного озброєння за рахунок впровадження тренажерних комплексів*……	106
Грубель М.Г., Красюк О.П., Сокіл М.Б., Нанівський Р.А. *Вертикальні коливання підресореної частини колісних транспортних засобів під дією випадкових збурень*……	112
Гудз Г.С., Борис М.М., Захара І.Я. *Систематизація дефектів кузова спеціальних автобусів*…….	117
Гюлєв Н.У., Доля В.К., Жукова А.В., Бабаєв Г. *До питання про залежність безпеки дорожнього руху від емоційної напруженості водія*……	121
Деркач В.Л. *Порівняльний аналіз роботи двигуна при різних температурних режимах*	126
Дівеєв Б.М., Сава Р.В., Черчик Г.Т., Яворський Я.П. *Експериментальне визначення параметрів розрахункової моделі насоса з динамічними гасниками коливань*	131
Дідківська Л.С. *Обґрунтування області ефективного функціонування адаптивних методів світлофорного регулювання через оцінку параметрів транспортного потоку*	137
Дорожко Є.В., Ряпухін В.М. *Визначення температурних напружень в тонких асфальтобетонних шарах на жорсткій основі*…….	147
Дробишинець С.Я. *Геотекстиль у дорожньому будівництві, шляхи використання*…….	154
Дубицький О.С. *Реалії міського електротранспорту міста Луцька*.....	161
Енглезі І.П. *Визначення факторів впливу на ймовірність виникнення ДТП*……	166
Єрмак О.М., Пустовіт В.І. *Щодо визначення якості пасажирських перевезень*……	170
Жданюк В.К., Циркунова К.В., Костін Д.Ю., Макарчев О.О. *Дослідження впливу добавок синтетичних восків та латексів, як модифікаторів бітумів, на властивості асфальтобетонів*……	177
Жук М.М., Бойків М.В., Постранський Т.М. *Період настання сутінок, як чинник впливу на функціональний стан водія*……	182
Зайчук Н.П., Шимчук С.П., Імбірович Н.Ю., Назарчук Л.В. *Особливості зношування зневуглецьованих поверхонь зі сталі ШХ15*…….	186
Захарчук О.В. *Обгрунтування економічної ефективності переобладнання колісного трактора для роботи на природному газі*……..	190
Защепкіна Н.М., Прохорова І.А. *Аналіз асортименту тканин для пошиття чохлів автомобілів*…….	195
Защепкіна Н.М., Кутова А.П. *Вплив властивостей матеріалу на експлуатаційні характеристики слінгів*……	200
Іваник І.Г., Вибранець Ю.Ю., Іваник Ю.І. *Натурні випробування металевої шпренгельної статично невизначеної конструкції прольотом 18,0 м*…….	207
Івасенко В.В., Литвиненко Т.П. *Аналіз основних нормативних вимог до засобів інформаційного забезпечення вулично-шляхової мережі, доступної для маломобільних груп населення*…….	213

Ігнатюк В.В. *Управління програмами відновлення стану дорожнього одягу*……	221
Ільченко В.В., Міщенко Р.А., Козарь В.І., Козарь Л.М. *Вплив геодезичних і будівельних робіт на рівність дорожнього покриття*……	227
Кашканов А.А., Тишківський І.Р. *Дослідження впливу антиблокувальної системи на величину гальмівного шляху легкового автомобіля* ……	233
Кіяшко І.В. *Рівень забезпеченості та щільність розташування об'єктів дорожнього сервісу*……..	240
Клімов Е.С. *Щодо визначення моменту опору повороту шини керованого колеса на місці*……..	246
Коваленко Л.О. *Визначення рівнів шуму на магістралях та вулицях міста*……	252
Коваль М.І. *Вплив вантажного транспорту на ефективність функціонування транспортних потоків у місті Луцьку*……	257
Коваль П.М., Гримак О.Я. *Перспективи використання базальтобетонних конструкцій в будівництві*	262
Козачук Л.С., Стельмащук В.В., Онищук В.П., Козачук І.С*. Аналіз систем активної безпеки автомобіля*	270
Колякова В.М., Шармаков Є.Л. *Особливості роботи сталезалізобетонних прольотних конструкцій при забезпеченні їх анкерування у прольоті*…….	280
Коник М.В. *Інформативність елементів дорожнього середовища*……	286
Кошель С.О., Кошель Г.В. *Кінематичне дослідження механізмів з декількома ведучими ланками*……..	290
Кравченко К.О. *Визначення шляхів підвищення ефективності охолодження гальмівних елементів транспортних засобів*…….	295
Кравченко О.П., Верітельник Є.А. *Скорочення часу простою автомобілів в ремонті шляхом оптимізації складу запасних частин на вантажних автотранспортних підприємствах*…….	301
Кравченко О.П., Панайотов К.К. *Визначення характеристик тимчасових параметрів транспортного циклу обслуговування безперервних технологічних виробництв*……..	307
Крещенецький В.Л., Цимбал С.В., Семічаснова Н.С., Клименко М.О. *Розробка алгоритму моделювання роботи автосервісних підприємств*……..	310
Криштопа С.І. *Напружено-деформований стан поверхневих і приповерхневих шарів металевих фрикційних елементів гальмівних пристроїв*……..	316
Кужель В.П., Клименчук А.М. *Обґрунтування схем та розробка алгоритмів проведення досліджень з визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби*…….	324
Кузькін О.Ф. *Розвиток маршрутних мереж громадського транспорту великих міст України*…….	332
Кукурудзяк Ю.Ю. *Інформаційна база системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу*……..	341
Ларін О.О., Ущапівський І.Л. *Контроль технічного стану пожежних відцентрових насосів в експлуатації за допомогою своєчасної вібродіагностики*……	346
Линник І.Е., Завальний О.В., Буряк А.І. *Прогнозування обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. Харкова*…….	354
Макаров В.А. *Щодо обґрунтування напряму розвитку прогнозування стійкості руху автомобіля*……	359
Марціяш О.М., Іванюра І.Т., Булік Ю.В., Іванюра Н.І. *Лабораторний стенд для визначення деяких робочих параметрів системи мащення автомобільного двигуна*	366
Матейчик В.П., Цюман М.П., Вайганг Г.О. *Моделювання системи «Транспортний потік - дорога»*..	371
Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є. *Характеристики роботи двигуна з регульованим тиском відпрацьованих газів*…….	382
Павлова І.О., Грабовець В.В., Решетило О.М., Курин М.М. *Дослідження транспортного процесу на міських регульованих перехрестях*…….	386
Панасюк Я.І., Маліков В.В., Боярчук Б.А. *Комлексний підхід у визначенні зміни фізико-механічних властивостей грунтів укріплених цементом з додаванням пігментів*……	398
Повстяна Ю.С., Андрущак І.Є. *Загальні аспекти про передачу інформації в автомобільній галузі*.....	405
Погорєлов М.Г., Мастепан С.М., Субочев О.І., Субочева В.О. *Підвищення ефективності функціонування автосервісних підприємств з урахуванням виробничих і екологічних інвестицій*……..	411
Подригало М.А., Абрамов Д.В., Нікорчук А.І. *Підвищення маневреності автомобільних колон*……	416
Подригало М.А., Клец Д.М., Потапов Н.Н., Холодов М.П. *Новое в теории эксплуатационных свойств автомобиля*…….	421
Поляков А.П., Галущак Д.О. *Дослідження впливу на показники автомобіля переведення його двигуна на роботу на біодизельному паливі*……	431
Поляков А.П., Коробов С.С., Квасневський С.О.*Вплив на техніко-економічні та екологічні показники дизелів КамАЗ-740 зміни конструктивних параметрів форсунки*……	439
Поляков А.П., Маріянко Б.С. *Визначення впливу на показники дизеля ЯМЗ-238 зміни конструктивних параметрів деталей циліндро-поршневої групи*……..	446
Понкратов Д.П., Фалецька Г.І.*Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування у містах*…….	452

Ройко Ю.Я., Євчук М.Ю. *Визначення оптимальної довжини ділянки міської магістральної вулиці…..*	460
Самостян В.Р. *Реагування поперечного профілю дороги на геометричні характеристики просторової моделі траси дороги…….*	465
Сахно В.П., Кузнєцов Р.М., Павлюк В.І., Гуменюк П.О. *Вплив конструкційних параметрів легкового автомобіля малого класу на бокове відведення шин у неусталеному криволінійному русі*	470
Селезньов Е.Л., Шимчук Ю.П. *Аналіз методів фінішної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь*	475
Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик В.І., Гріцаєв Я.В., Сятковський О.А., Пукас В.Л. *Концептуальна формалізація конфігурації проектів зернозбирально-транспортних систем……*	479
Сичук В.А., Заболотний О.В*. Дослідження повітропроникності пористих зразків з метою виявлення оптимальних параметрів ……*	484
Сідей В.М., Пашинський В.А. *Прогнозування температурно-вологісного режиму цегли за метеорологічними даними……*	491
Смирнов Є.В. *Управління стратегіями технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті…….*	497
Смірнова Н.В. *Вплив інтервалів та дистанцій між автомобілями у транспортному потоці на пропускну здатність автомобільних доріг……*	505
Солодкий С.Й., Турба Ю.В. *Експериментально-статистичне моделювання тріщиностійкості бетонів, армованих поліпропіленовою фіброю……*	512
Солодкий С.Й., Сідун Ю.В., Волліс О.Є. *Прискорювачі швидкості набору когезійної міцності для литих емульсійно-мінеральних сумішей……*	516
Ткаченко І.В. *Порівняння українських та зарубіжних нормативних вимог щодо розміщення елементів благоустрою автомобільних доріг……*	522
Томляк С.І., Поляков А.П*. Шляхи підвищення ефективності перевезення вантажів автомобільним транспортом……*	529
Тростенюк Ю.В., Безвесільна О.М., Ільченко А.В. *Моделювання осьового теплового потоку трубки термоанемометричного витратоміра біопалив……*	538
Угненко Є.Б., Ужвієва О.М. *Імовірнісна оцінка покращання дорожніх умов та математичні моделі підвищення безпеки руху……*	546
Ужегова О.А., Оліферук М.І., Ротко С.В. *До розрахунку на міцність нормальних перерізів залізобетонних елементів таврового профілю……*	551
Форнальчик Є.Ю., Гілевич В.В. *Техніко-технологічний аналіз регульованих перехресть з магістральними вулицями……*	558
Цимбал С.В. *Дослідження та прогнозування потоку відмов транспортних засобів в умовах автотранспортного підприємства……*	565
Шаповалов А.Л. *Дослідження складу транспортного потоку на вулицях і дорогах міст у відповідності до правил ЄС..……*	571
Шльончак І.А.*Оцінка ефективності використання біопалив в дизелі DONG FENG…….*	576

УДК 625.85

Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ НА ЗСУВ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ПИСАРЕНКО-ЛЕБЕДЄВА – 2

В статті наведено основні положення щодо визначення міцності на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів. В основу розрахунків положено теорія міцності Писаренко-Лебедєва (друга). Особлива увага при розрахунках за прийнятою теорією міцності приділена впливу напружено-деформованого стану конструкції нежорстких дорожніх одягів та показникам міцності матеріалу на стиск і на розтяг. Пропонуються рекомендації по конструюванню нежорстких дорожніх одягів та їх перевірка за прийнятим критерієм.

Ключові слова: *теорія міцності, нежорсткий дорожній одяг, напружено-деформований стан дорожньої конструкції, міцність на стиск, міцність на розтяг, міцність асфальтобетонних шарів на зсув.*

Форм 6. Літ 17.

Н.А.Арсеньева, В.Н.Ряпухин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА СДВИГ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО КРИТЕРИЮ ПИСАРЕНКО-ЛЕБЕДЕВА – 2

В статье приведены основные положения для определения прочности на сдвиг асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд. В основу расчетов положена теория прочности Писаренко-Лебедева (вторая). Особенное внимание при расчетах по принятой теории прочности уделено влиянию напряженно-деформированного состояния конструкции нежестких дорожных одежд и показателям прочности материала на сжатие и на растяжение. Предлагаются рекомендации по конструированию нежестких дорожных одежд и их проверка по принятому критерию.

Ключевые слова*: теория прочности, нежесткая дорожная одежда, напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции, прочность при сжатии, прочность при растяжении, прочность асфальтобетонных слоев на сдвиг.*

N.Arsenieva, V. Ryapuhin

THE ASPHALT LAYERS SHEAR STRENGTH OF FLEXIBLE PAVEMENTS DETERMINATION BY CRITERION PYSARENKO-LEBEDEV – 2

The article presents a framework for the determination of the asphalt layers shear strength. In the most countries an in Ukraine the methods of monolithic pavement layers calculations concerning its strength provide for using the first or the second theory of strength, the calculation concerning the allowable tensile stresses. It satisfies a requirement of the brittle materials by separation. Made researches of asphalt, as the structure - inhomogeneous material, show that some classic and integrating theories don't fit it. Taking into account the structural and textural characteristics of asphalt, as a solid, the integration theory of Pisarenko – Lebedev (second) should be accepted as the most suitable. Proposed theory Pisarenko – Lebedev (second) is based on the energy theory of strength and takes into account: different resistance of asphalt to pressure and tension, direction of the stress deviator and structural heterogeneity of the material. The application of the Pisarenko – Lebedev's theory doesn't contradict the modern theory of asphalt deformation, responds to physics of the process and in some conditions of the stress-strained states of the asphalt layers can be used for the strength of resistance to shifts evaluation. The basis of calculation is the strength theory Pisarenko – Lebedev (second). Special account in the calculation according to the accepted theory of strength on the influence of the stress-strain state of the structure of flexible pavements and indicators of material strength and compressive strength. Provides recommendations for designing flexible pavements and verification according to the accepted criteria.

Keywords: *theory of strength, flexible pavement, the stress-strain state of the road structure, compressive strength, tensile strength, the asphalt layers shear strength.*

Постановка проблеми. Зміна інтенсивності і складу руху на автомобільних дорогах України привели к істотному зростанню навантажень на конструкцію дорожнього одягу. В цих умовах експлуатація асфальтобетонного покриття в теплу пору року при високих температурах приводить до накопичування пластичних деформацій у вигляді колії, напливів, випирання – тобто деформації зсуву. Ці деформації впливають на рух автомобільного транспорту, знижують швидкість транспортного потоку, і як результат – знижують показники споживчих властивостей автомобільної дороги.

В теперішній час забезпечення зсувостійкості асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів, в основному, виконується за рахунок використання експериментально підібраних асфальтобетонних сумішей, які менше здатні до колієутворення під навантаженням.

© Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі методи розрахунку монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів базуються на теоріях міцності, розрахунок ведуть по трьох критеріях граничного стану [1, 2, 3]:

- пружному прогині дорожнього одягу під навантаженням;
- опору згину монолітних шарів;
- опору зсуву ґрунтів і шарів з малозв'язних матеріалів.

Методи розрахунку нежорстких дорожніх одягів у країнах СНД, наведені у нормативних документах ВБН В.2.3-218-186-2004 (Україна) і ОДН-218046-01 (Росія), ТКП 45-3.03-3-2004 (Білорусь) визначають вищевказані критерії міцності [1, 2, 3]. Крім критеріїв пружного прогину дорожнього одягу, опору згину монолітних шарів, опору зсуву ґрунтів і шарів з малозв'язних матеріалів, в ТКП 45-3.3-3-2004 запропоновані розрахунки міцності на зсувостійкість асфальтобетонних шарів нежорсткого дорожнього одягу. Теоретичною основою методів є теорія пружності багатошарових систем та класичні теорії міцності.

Але в нормативних документах України в розрахунках монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів відсутні розрахунки з урахуванням критерію міцності асфальтобетонних шарів на зсув.

Основні результати дослідження. Аналіз теорій міцності, на яких базуються розрахунки асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів, а також низка нових теорій, які враховують кінетичну теорію руйнування, дає можливість застосовувати такі критерії (теорії) міцності, які б максимально враховували особливості поведінки під навантаженням шарів з асфальтобетону, як композитного, термопластичного і структурно-неоднорідного матеріалу.

З урахуванням особливостей матеріалу найбільш придатною для розрахунків міцності на зсув, визначено узагальнюючу теорію Писаренко-Лебедєва (друга). Теорія міцності Писаренко-Лебедєва (друга) базується на енергетичній теорії міцності і враховує: різний опір асфальтобетону стиску і розтягу, направленість девіатора напружень і структурну неоднорідність матеріалу [4, 5, 6, 7, 8]. Теорія також дає можливість враховувати деформування структурно-неоднорідних матеріалів від крихкого до пластичного руйнування. Прийнята теорія міцності дозволяє визначити міцність асфальтобетонних шарів покриття нежорстких дорожніх одягів на зсув і запропонувати заходи щодо покращення їх конструкції.

Критерій міцності визначають за формулою [4, 5]:

$$\chi\sigma_i + (1-\chi)\sigma_i A^{\left(1-\frac{3\sigma_{сер}}{\sigma_м}\right)} \le |\sigma_+|, \qquad (1)$$

$$\chi = \frac{R_+^0}{R_-^0}$$

де R_+^0 – міцність асфальтобетону на розтяг, МПа;

R_-^0 – міцність асфальтобетону на стиск, МПа;

σ_i – еквівалентні напруження за енергетичною теорією міцності або інтенсивність напружень, МПа;

$|\sigma_+|$ – граничні напруження на розтяг, МПа;

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_1-\sigma_2)^2 + (\sigma_2-\sigma_3)^2 + (\sigma_3-\sigma_1)^2\right]}$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруження, МПа ;

σ_1 – максимальне головне напруження;

$\sigma_{сер}$ – середнє напруження, яке характеризує жорсткість напружень;

© Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін

$$\sigma_{сер} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

А – константа, залежна від характеру наявних в матеріалі дефектів і відображає статичне єство руйнування.

$$A = \frac{R_+^0 - \sqrt{3}\chi\tau_к}{(1-\chi)\tau_к}$$

$$A = \frac{\frac{R_+^0}{\tau_к} - 1{,}732\chi}{1-\chi}$$

де $\tau_к$ – міцність асфальтобетону на кручення, МПа;

На основі проведених досліджень була розроблена методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість. В методиці М 218-02071168 – 681:2011 «Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість», наведено алгоритм та порядок розрахунку міцності на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів з використанням критерію Писаренко-Лебедєва (другий) [9]. Критерій Писаренко-Лебедєва (другий) складається з двох різних за походженням груп параметрів.

Перша група параметрів характеризує напружено-деформований стан прийнятої конструкції і носить чисто розрахунковий характер.

При вирішенні цієї задачі визначають головні напруження $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ на найбільш небезпечних перетинах конструкції пакету асфальтобетонних шарів; еквівалентне напруження за IV (енергетичною) теорією міцності і середнє арифметичне головних напружень.

Друга група параметрів у критерії Писаренко-Лебедєва (другий) стосується фізико-механічних характеристик асфальтобетону шарів покриття. Згідно структури критерію міцності необхідно мати показники міцності асфальтобетону за трьома різними методами випробувань: міцність на одновісний стиск і розтяг, і міцність на кручення або чистий зсув. Характеристики міцності асфальтобетону шарів покриття не залишаються постійними на весь період експлуатації, а залежать від розрахункової температури і інтенсивності навантаження, що також необхідно враховувати.

Схема розрахунку міцності асфальтобетонних шарів за критерієм міцності на зсув складається з наступних етапів:

– формування вихідних даних ;
– визначення розрахункових технічних характеристик;
– визначення розрахункових фізико-механічних і конструктивних характеристик;
– розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на міцність.

Вихідні дані формулюються згідно завдання на проектування будівництва чи реконструкцію автомобільної дороги. Для визначення конструкції і міцності існуючого дорожнього одягу використовують паспорт дороги.

До вихідних даних входять:

- географічний або адміністративний район розташування об'єкта проектування (за завданням); дорожньо-кліматичну зону та дорожній район за грунтово-геологічними умовами, а також дорожній район за умовами роботи асфальтобетону визначають відповідно до [1, 10];
- середньомісячні, а також абсолютні максимальні і мінімальні температури визначають згідно з [1, 11];
- характеристики транспортного потоку: середньодобова інтенсивність руху і склад руху;
- конструкція дорожнього одягу: на дорогах, які проектують, це проектна конструкція (конструкції), що розрахована згідно з [1] та М 218-02070915-633-2007; на існуючих дорогах конструкцію визначають за даними паспорту дороги або за результатами дослідження конструкції дорожнього одягу візуально.

© Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін

Підготовка розрахункових вихідних даних для розробки розрахункової моделі шаруватого асфальтобетонного покриття включає наступні задачі:

- визначити температуру покриття і температуру асфальтобетонних шарів по товщині;
- визначити середньодобову кількість проїздів транспортних засобів і-го типу в межах однієї смуги руху і кількість проїздів на смугу розрахункових, по рівню впливу на зсувостійкість асфальтобетону, автомобілів;
- визначити кількість циклів навантаження за розрахунковий зсувонебезпечний період;
- для окремих ділянок дороги в залежності від сполучення елементів плану, поздовжнього профілю і виду руху транспортного потоку визначити тип розрахункового навантаження.

Розрахункова схема для оцінки міцності асфальтобетонних шарів покриття визначається в залежності від типу розрахункового навантаження, проектної конструкції дорожнього одягу і фізико-механічних характеристик асфальтобетону.

Фізико-механічні характеристики асфальтобетонів шарів покриття дорожнього одягу визначаються відповідно до умов навантаження і температури. Умови навантаження (динамічні або статичні) визначають час дії навантаження.

В залежності від часу дії навантаження і середньої температури шару або його елементів (шар асфальтобетону розбивають на прошарки (підшари) завтовшки 0,1 діаметру штампу) визначають динамічні або статичні модулі пружності, коефіцієнт Пуассона, міцність на розтяг, стиск і кручення.

Важливими даними, які впливають на забезпечення міцності на зсув, є фізико-механічні характеристики асфальтобетону шарів покриття. Від властивостей та складу матеріалу залежить його напружено-деформований стан та робота в конструкції під навантаженням.

При розгляді різних типів асфальтобетонних сумішей, слід звернуть увагу на їх міцність при стиску і розтягу. Відомо, що у високощільних багатощебеневих сумішей показник $\chi = \frac{R_+^0}{R_-^0}$ менш чім у пористих та малощебеневих, це пов'язано з величиною значення міцності на стиск. В таких сумішах величина міцності на стиск перебільшує величину міцності на розтяг. Це пояснюється структурою багатощебеневих та високощільних сумішей, в яких велику роль відіграє щебеневий каркас.

При визначенні міцності на зсув для різних типів асфальтобетону слід звернуть увагу на першу складову формули (1) $\chi\sigma_i$, яка впливає на загальне значення лівої частини формули. Чим менше її значення тім краще буде забезпечена міцність на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів. Але при розрахунках за прийнятим критерієм слід звертати увагу не тільки на міцністні показники матеріалу. Суттєвий вплив на міцність асфальтобетонних шарів при зсуві оказує об'ємний напружено-деформований стан конструкції нежорстких дорожніх одягів. Тому при розрахунках необхідно обов'язково враховувати повний тензор напружень та співвідношення між напруженнями в конструкції.

Висновок. Таким чином, при розробці рекомендацій по конструюванню нежорстких дорожніх одягів, необхідно звернуть увагу на тип і марку асфальтобетонних сумішей. В запропонованих в конструкцію дорожнього одягу сумішах повинні бути враховані фізико-механічні характеристики асфальтобетону, особливо показники міцності на стиск і на розтяг. За рахунок раціонального проектування складу асфальтобетонної суміші слід використовувати асфальтобетон з більш високими міцністними характеристиками. Крім того, можна запропонувати армування асфальтобетону. Необхідною умовою також є загальний модуль пружності основи під асфальтобетонними шарами, який не повинен бути менше модуля пружності асфальтобетону більше ніж у 1,5-2 рази, щоб не допускати слабої основи.

1. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3-218-186. 2004 – Офіц. вид. – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 176 с.
2. Проектирование дорожных одежд улиц и дорог населенных пунктов: ТКП 45–3.03-3-2004 (02250) – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2005. – 54с.
3. Проектирование нежестких дорожных одежд: ОДН 218.046-01 – Москва: Государственная служба дорожного хозяйства министерства транспорта Российской федерации, 2001. – 94 с.
4. Писаренко Г.С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии / Писаренко Г.С., Лебедев А.А. – К.: Наукова думка, 1976. – 415 с.

© Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін

5. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов / Писаренко Г.С. – К.: Вища школа, 1979. – 696 с.
6. Ряпухін В.М. Вибір оптимальної теорії міцности для асфальтобетону як термопластичного матеріалу / В.М. Ряпухін, Н.О. Нечитайло // Сборник научных трудов Донбасского гос. университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – Вып.33. – с.284 – 290.
7. Vytaliy Ryapuhin Criteria for flexible pavement calculation / Vytaliy Ryapuhin, Natalie Nechytaylo, Valentin Burlachka // TRANSBALTICA 2011. Proceedings of the 7th International Scientific Conference, May 5-6, 2011. – Lithuania, 2011. – P. 252 – 256.
8. Ряпухін В.М. Вдосконалення методів розрахунку асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів с урахуванням їх термопластичних властивостей / В.М. Ряпухін, Н.О. Нечитайло. // Містобудування та територіальне планування: наук.-тех збірник./ Відповід.ред. М.М. Осєтрін. – К: КНУБА, 2012. – Вип. 45. – Част.3 – с.108 – 113.
9. Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість: 218-02071168-681:2011. – Офіц.вид. – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2009 – 61 с.
10. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
11. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – Київ: НДІБК Мінрегіонбуду України, 2010. – 133 с.
12. Методика проектування дорожнього одягу з конструкціями різного типу М 218-02070915-633:2007. – Офіц.вид. – К.: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2009 – 72 с.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014.

© Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін

УДК 625.7./.8:658.562

А.Г.Батракова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДІАГНОСТИКА ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОРАДАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто загальні тенденції розвитку моделей оцінки стану дорожнього одягу за результатами діагностики та запропоновано модель оцінки техніко-експлуатаційного стану дорожніх одягів на основі результатів георадарной діагностики. Розроблено схему моніторингу стану дорожнього одягу із застосуванням георадарних технологій та структуру баз даних, що містять інформацію про техніко-експлуатаційний стан дорожнього одягу.

Ключові слова: *дорожній одяг нежорсткого типу, діагностика дорожнього одягу, техніко-експлуатаційний стан, георадарні технології, система моніторингу дорожнього одягу.*

Рис. 3.Форм 4. Літ. 17.

А.Г.Батракова

ДИАГНОСТИКА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОРАДАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены общие тенденции развития моделей оценки состояния дорожной одежды по результатам диагностики, предложена модель оценки технико-эксплуатационного состояния дорожных одежд на основе результатов гораданой диагностики. Разработана схема мониторинга состояния дорожной одежды с применением георадарных технологий и структура базы данных, содержащей информацию о технико-эксплуатационном состоянии дорожной одежды.

Ключевые слова: *дорожная одежда нежесткого типа, диагностика дорожной одежды, технико-эксплуатационное состояние, георадарные технологии, система мониторинга дорожной одежды.*

A.Batrakova

DIAGNOSTIC OF PAVEMENTS VIA GEORADAR TECHNOLOGIES

Problem of maintenance optimization and ensuring of standard technical parameters of a condition of pavements during service life correlate with development nonrigid type pavements monitoring system, a heading of georadar diagnostic system, new methods of an estimation and forecasting as scientific basis of appointment of repair actions. The developed model of the pavement condition estimation supplement with internal parameters, such as: geometrical – a thickness of constructive layers of a pavement; physicomechanical – humidity of soils of a roadbed; inhomogeneity – presence of zones of change of density in the strengthened layers of the base, the subsurface cracks in the monolithic surface courses. The model allows one to estimate safety factor on an elastic bending flexure, on shearing strength in soils of a roadbed and to tensile strength at a bend in the monolithic surface courses. Model basis are results of georadar diagnostic study of pavements which allow to size up strength properties and a deformation condition of pavement design. Generalization theoretical and experimental researches has allowed to develop the general design of monitoring of a pavement with use of the georadar which basis forms new models and facilities of reception of the information concerning condition of pavements, methods of an estimation of an actual state, and also model of forecasting of a condition of the pavements, leaning against the fullest data sets and possibilities of georadars. The concept of the database containing the information on a technical condition of a pavement is offered.

Keywords: *pavement of nonrigid type, pavement diagnostic, a technical condition, georadar technologies, system of pavement monitoring.*

Постановка проблеми

Ефективність ремонтної стратегії визначається, насамперед, вірогідністю оцінки й прогнозування стану дорожніх одягів як найбільш матеріалоємної конструкції автомобільної дороги. У свою чергу, точність оцінки фактичного стану дорожнього одягу, забезпечується повнотою наборів даних про його стан, що дозволяє оцінити як деформаційні, так і міцністні показники конструкції. Багаторічні спостереження свідчать, що деформаційні та міцністні показники дорожнього одягу можуть суттєво змінюватися навіть на незначних за довжиною ділянках доріг, що пов'язане як зі зміною водно-теплового режиму земляного полотна, неоднорідністю геометричних і фізико-механічних параметрів шарів дорожнього одягу, так й локальними порушеннями технологічних режимів. Прогнозні оцінки терміну служби таких конструкцій значно розрізняються. Це ускладнює використання результатів обстежень автомобільних доріг і перешкоджає розробці рекомендацій із проектування ремонтних заходів. Отже, найбільш повна оцінка стану дорожніх одягів може бути отримана тільки за результатами безперервного обстеження в реальному масштабі часу. Вирішення зазначених

©А.Г.Батракова

задач зв'язується з удосконаленням системи моніторингу дорожніх одягів нежорсткого типу, впровадженням ефективних засобів і технологій діагностики, методів оцінки та прогнозування стану дорожніх одягів, як наукової основи призначення ремонтних заходів. Аналіз тенденцій розвитку та можливостей різних методів і технічних засобів діагностики стану дорожніх одягів свідчить про переваги (універсальність, можливість обстеження великих ділянок) групи хвильових методів. Найбільший потенціал для оцінки поточного стану дорожніх одягів мають георадари, які можуть бути застосовані як самостійно, так і в комбінації з іншими технічними засобами діагностики дорожніх одягів. Потенційні можливості сучасних георадіолокаційних систем для оцінки стану дорожніх одягів на даний час реалізовані не повною мірою. З технічної точки зору застосування георадарів при діагностиці дорожнього одягу обумовлене можливістю їх використання для визначення кількості конструктивних шарів дорожнього одягу; оцінки товщини конструктивних шарів дорожнього одягу; позиціонування підповерхневих дефектів у вигляді тріщин в ніжних шарах покриття та зміцнених шарах основи, зон надмірного зволоження.

Загальні тенденції розвитку методів оцінки стану дорожніх одягів за результатами діагностики

Оцінка поточного стану конструкцій дорожнього одягу є початковим етапом практично будь-яких заходів з ремонту та утримання автомобільних доріг. Контроль стану дорожнього одягу повинний проводитися як у процесі будівництва або реконструкції (для визначення початкових споживчих властивостей дороги) так й при експлуатації (для призначення заходів з ремонту та утримання). До рішення цих завдань існує два основні підходи. Перший залучає для кількісного опису поточного стану дорожнього одягу узагальнені показники, які характеризують стан дорожнього одягу. Цей підхід орієнтований, у першу чергу, на оцінку споживчих властивостей дороги. Другий підхід припускає оцінку стану на основі деформаційних характеристик, що одержувані за допомогою вимірювання пружного прогину.

У рамках першого підходу такими показниками є: швидкість руху транспортного потоку як інтегральна характеристика транспортно-експлуатаційного стану дорожнього одягу (V) [1]; рівність, яка характеризується у вітчизняній і світовій практиці міжнародним індексом рівності (IRI) [2, 3]; транспортно-експлуатаційний стан (*TEC*) або його кількісна характеристика – індекс *TEC* автомобільної дороги (J) [4, 5], а також (у міжнародній практиці) близькі за змістом індекс придатності покриття (Present Serviceability Index - PSI) [6, 7] та індекс стану покриття (Pavement Condition Index - PCI).

Розуміння причин, у силу яких одні покриття служать довше, чім інші, є основною розробки ефективних і оптимальних конструкцій дорожніх одягів [8]. Відповідно до цієї концепції PSI є основою для прогнозування залишкового терміну служби дорожнього покриття й розробки методів проектування дорожніх одягів [8, 9]. Разом з тим, PSI відображує споживчі властивості дороги, у той час як для дорожніх організацій існує потреба: у розрахунку витрат на ремонт та утримання автомобільних доріг; у визначенні стану дорожньої мережі; у розробці методики порівняння доріг з різним ступенем руйнувань; у призначенні заходів з ремонту та утримання, які є адекватними фактичному стану конструкції дорожнього одягу. Тобто крім споживчих властивостей необхідно мати інструмент оцінки технічного стану дорожнього одягу. Для рішення цих завдань стандартом [10] в 1993 році був уведений індекс стану покриття (PCI).

Загальним недоліком усіх розглянутих моделей є обмежений набір вхідних даних (пояснюючих змінних). Крім того, розглянуті методи оцінки стану дорожнього одягу спираються в основному на зовнішні ознаки руйнування конструкції (глибина тріщин, що виходять на поверхню, площу латок, глибина колії тощо). Математично цей факт можна сформулювати в такий спосіб:

$$F = f\left(d_1, d_2, \ldots d_j, \ldots d_M\right), \tag{1}$$

де: F – характеристика стану покриття (J, PSI, PCI), що відображує, переважно, споживчі властивості;

d_j – зовнішні параметри.

Кількість зовнішніх параметрів для різних моделей різна. Наприклад, для PCI кількість зовнішніх параметрів дорівнює тридцяті дев'яті , для PSI – чотири, для J – десять груп (у кожній від трьох до восьми параметрів) [4].

Другий підхід до оцінки поточного стану орієнтований на аналіз інтегральної характеристики, що відображує сукупність властивостей усієї конструкції – модуля пружності як функції відгуку конструкції дорожнього одягу на зовнішній вплив, і наступної перевірки відповідності отриманого (фактичного) значення проектним даним [11, 12]. Відзначимо, що проведені випробування не відображують повною мірою міцнісний стан конструкції (напружено-деформований) [13], а параметри для оцінки, які отримані за результатами випробування конструкції [14, 15], не дозволяють оцінити відповідність конструкції критерію опору монолітних шарів розтягу при згині, а також величину дотичних напружень, що виникають у шарах з незв'язних матеріалів і ґрунтах земляного полотна (таблиця 1).

Таблиця 1

Оцінка техніко-експлуатаційного стану дорожнього одягу

Параметр	Показник стану	Вихідні дані		Кількісна оцінка
		необхідні для оцінки стану	вимірювані при діагностиці	
Технічний стан				
Загальний модуль пружності конструкції $E_{заг}$	Коефіцієнт запасу міцності за допустимим пружнім прогином K_E	пружний прогин l_y	пружний прогин l_y	Розрахунок за пружнім прогином
Активне напруження опору зсуву в шарах із слабо зв'язаних матеріалів і ґрунтах земляного полотна τ_a	Коефіцієнт запасу міцності по зсуву в ґрунтах земляного полотна й шарах із слабо зв'язаних матеріалів K_τ	товщина шарів конструкції h_i	відбір кернів з конструкції вибірково	Не визначається
		вологість ґрунтів $W_{гр}$	не визначається	
		наявність зон розущільнення ρ_i	не визначається	
Напруження розтягу в монолітних шарах покриття $\sigma_г$	Коефіцієнт запасу міцності за опором розтягу при згині K_σ	товщина шарів покриття h_i	не визначається	Не визначається
		наявність підповерхневих дефектів d_i	не визначається	
Коефіцієнт варіації міцності C_R	Коефіцієнт надійності $K_н$	товщина шарів конструкції h_i	відбір кернів з конструкції вибірково	Не визначається
		вологість ґрунтів $W_{гр}$	не визначається	
		наявність зон розущільнення ρ_i	не визначається	
Споживчі властивості				
Рівність покриття IRI	Забезпечена швидкість руху V	Поздовжня й поперечна рівність	Індекс рівності IRI	Розрахунок забезпеченої швидкості
Дефектність покриття	Індекс стану покриття PCI	Глибина колії; площа вибоїн; площа, довжина та ширина тріщин	Глибина колії; площа вибоїн; довжина й ширина тріщин	Візуальна оцінка; Розрахунок PCI

Постановка завдань діагностики дорожніх одягів із застосуванням георадарних технологій

Модель оцінки стану дорожнього одягу повинна забезпечувати можливість оцінки: споживчих властивостей дороги; жорсткості конструкції, яка обумовлена величиною пружного прогину; здатності конструкції спиратися дії напружень зсуву у ґрунтах земляного полотна; здатності монолітних шарів конструкції спиратися дії напружень розтягу; надійності конструкції, обумовленою варіацією параметрів [16].У такому випадку модель оцінки поточного стану дорожнього одягу може бути наведена в загальному вигляді:

$$\mathrm{F} = f\left(d_1, d_2, \ldots d_j, \ldots d_M \,|\, \chi_1, \chi_2, \ldots \chi_i, \ldots \chi_N\right),$$

(2)

де: d_j – зовнішні параметри;

χ_i – внутрішні (сховані) параметри.

Під зовнішніми параметрами моделі будемо розуміти показники, що характеризують споживчі властивості дороги, а саме, рівність (IRI) і дефектність покриття, які оцінюються за результатами прямих вимірювань. Під внутрішніми параметрами моделі будемо розуміти міцнісні та деформаційні показники стану конструкції, які оцінюються як за результатами непрямих вимірювань, так і за результатами розрахунку напружено-деформованого стану дорожнього одягу. Очевидно, що роль внутрішніх параметрів обумовлена не тільки їх впливом на поточний стан конструкції, але й тим, що, викликаючи передчасне руйнування дорожнього одягу, вони також будуть непрямим чином визначати збитки від зниження швидкості перевезень у майбутньому. Крім того, заходи з ремонту та утримання, що призначені без урахування внутрішніх параметрів дорожнього одягу, призведуть до необхідності передчасних повторних ремонтів, тобто до неефективного розподілу матеріальних і фінансових ресурсів.

З обліком (2) модель оцінки поточного стану може бути представлена у вигляді:

$$\mathrm{F} = f\left(PCI \,|\, K_E, K_\tau, K_\sigma, K_н\right),$$

(3)

де: PCI – індекс стану покриття;

K_E – коефіцієнт запасу міцності за пружнім прогином;

K_τ – коефіцієнт запасу міцності за опором зсуву в ґрунтах земляного полотна та шарах зі слабо зв'язаних матеріалів;

K_σ – коефіцієнт запасу міцності за опором розтягу при згині в монолітних шарах дорожнього одягу;

$K_н$ – коефіцієнт надійності.

У свою чергу, кожний з показників (3) визначається набором параметрів:

$$K_{E,\tau,\sigma} = f(N, E_i, h_i, E_{гр}, \varphi_{гр}, c_{гр}, R_u, m, T, W),$$

(4)

де: N – інтенсивність і склад транспортного потоку, авт./добу;

E_i – модуль пружності i-го шару конструкції, МПа;

h_i – товщина i-го шару конструкції, см;

$E_{гр}, \varphi_{гр}, c_{гр}$ – відповідно модуль пружності (МПа), кут внутрішнього тертя (град.) і коефіцієнт зчеплення (МПа) ґрунту;

R_u, m – відповідно опір розтягу при згині монолітних матеріалів (МПа) і показник утоми;

T, W – погодно-кліматичні фактори: відповідно температура повітря (^{0}C), вологість

ґрунту земляного полотна й матеріалів шарів конструкції (частки одиниць від вологості на границі текучості W_T).

Увесь комплекс завдань оцінки, прогнозування стану дорожнього одягу та призначення відповідних ремонтних заходів утворює єдину систему моніторингу дорожніх одягів. Згідно із сучасними уявленнями, системою є сукупність елементів (етапів), які взаємодіють (зв'язані) між собою, у процесі виконання єдиного поставленого завдання. Стосовно до моніторингу дорожніх одягів розглядаються основні етапи моніторингу як елементи системи: одержання інформації, аналізу, оцінки стану, планування заходів, прогнозування стану дорожнього одягу до та після призначення заходів. Перераховані елементи, виконуючи окремі функції, утворюють цілісну замкнену систему моніторингу, яка об'єднана рішенням завдання підвищення довговічності та працездатності дорожніх одягів, рисунок 1. В загальну схему моніторингу дорожніх одягів із залученням георадарних технологій пропонується ввести модель функції поточного стану дорожнього одягу вигляду $\mathrm{F} = f\left(d_1, d_2, \ldots d_j, \ldots d_M \,|\, \chi_1, \chi_2, \ldots \chi_i, \ldots \chi_N\right)$, що враховує крім стандартного набору зовнішніх параметрів (d_j) ще й набір внутрішніх (схованих) параметрів (χ_i). Під внутрішніми параметрами моделі будемо розуміти міцнісні та деформаційні показники стану конструкції, що оцінюються як за результатами непрямих вимірювань, так і за результатами розрахунку напружено-деформованого стану дорожнього одягу $\mathrm{F} = f\left(PCI | K_E, K_\tau, K_\sigma, K_H\right)$.

Для реалізації переваг такої моделі запропоновано використовувати георадарні технології.

Для обчислення затримки сигналів (як основи рішення завдання товщинометрії) запропоновано використовувати перетворення Гільберта $\tilde{x}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} d\tau$ з наступним пошуком максимумів допоміжної позитивної функції $A(t) = |h(t)| = \sqrt{x^2(t) + \tilde{x}^2(t)}$. Така процедура припускає наявність апріорної інформації про властивості (діелектричної проникності) шарів дорожнього одягу. Тому далі необхідно вдосконалити запропонований алгоритм і розробити методику одночасного визначення товщини й діелектричної проникності шарів.

Наступний крок – обробка георадарних даних з метою їх перерахування в стандартні характеристики, що прийняті в дорожній галузі (товщину конструктивних шарів дорожнього одягу, вологість, щільність матеріалів, наявність і характер дефектів – підповерхневих тріщин). Для рішення цих завдань пропонується використовувати модель обробки й інтерпретації георадарних даних [17]. Застосування моделі оцінки стану дорожнього одягу, що спирається на результати георадарного обстеження, дозволяє не тільки оцінити відповідність дорожнього одягу критеріям міцності, але й встановити можливі першопричини руйнувань і деформацій дорожнього одягу на етапі аналізу.

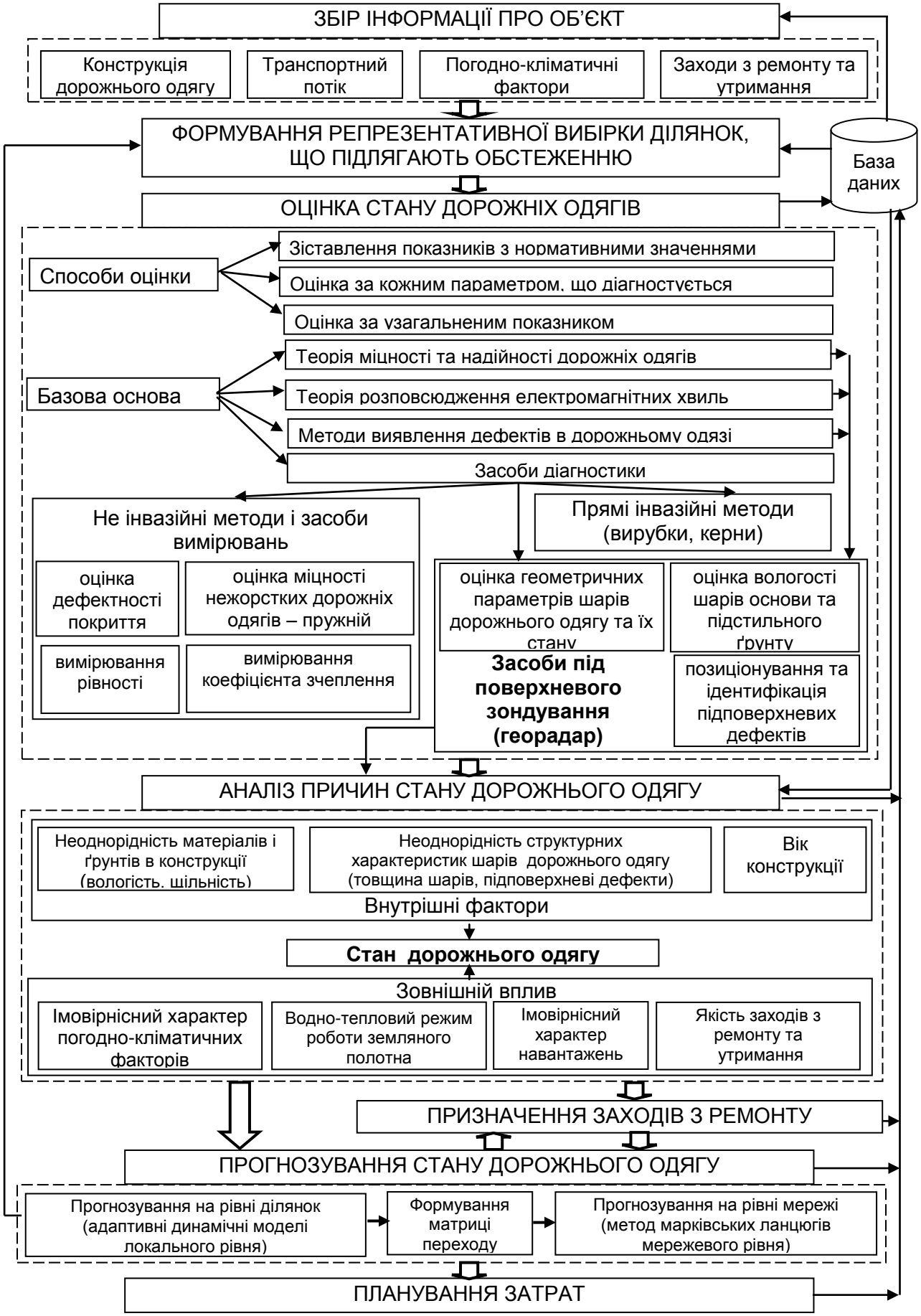


Рис. 1.**Схема моніторингу стану дорожнього одягу нежорсткого типу із застосуванням георадарних технологій**

©А.Г.Батракова

З метою спрощення роботи і забезпечення швидкого доступу до інформації про стан дорожніх одягів пропонується система моніторингу і управління оперативними даними.

Пропонується динамічна структура показників, яка реалізує деревовидну структуру, що дозволяє створювати групи, декілька рівнів вкладеності. У записах дерева знаходяться параметри двох типів: обчислювальні і необчислювальні. Необчислювальні параметри є свого роду сховищем інформації, яка вводиться за оперативними даними (рис. 2).

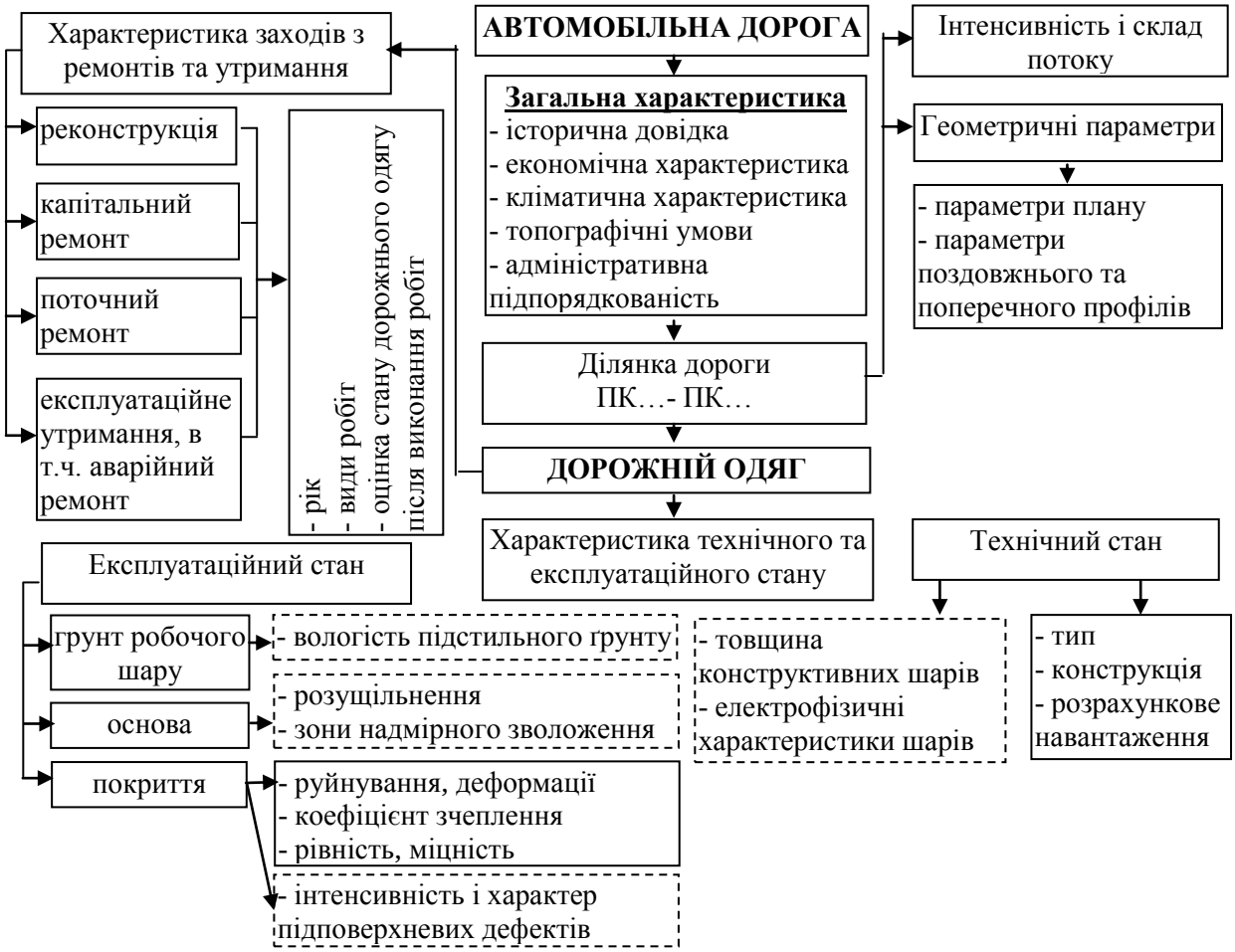


Рис. 2.**Структурна схема необчислювальних параметрів баз даних техніко-експлуатаційного стану дорожнього одягу із застосуванням результатів георадарного обстеження**

У свою чергу, від них залежать обчислювані параметри (рис. 3). Це дозволяє створювати показники, в яких на підставі введених значень необчислювальних параметрів зберігатимуться статистичні дані, наприклад, довжина ділянок дорожньої мережі, які знаходяться в незадовільному стані, або інтенсивність (тобто швидкість розвитку) руйнувань та деформацій на окремих ділянках доріг.

Подібна структура показників дозволяє створити структуру будь-якого рівня складності, задати зв'язки між показниками, забезпечивши тим самим необхідну гнучкість структури.

На основі необчислювальних параметрів розраховуються обчислювані параметри (рис. 3):

а) кількість прикладань розрахункового навантаження;

б) потрібній модуль пружності дорожнього одягу;

в) максимальна кількість прикладань розрахункового навантаження з урахуванням втоми монолітних шарів;

г) загальний модуль пружності дорожнього одягу;

д) напруження розтягу при згині монолітних шарів покриття;

е) напруження зсуву в ґрунтах земляного полотна та шарах із незв’язних матеріалів;

ж) коефіцієнт варіації товщини шарів;

з) коефіцієнт варіації напруження розтягу при згині монолітних шарів.

Ці параметри в подальшому використовуються з метою:

а) аналізу коефіцієнта запасу міцності за граничними станами (пружній прогин; розтяг при згині, зсув в ґрунтах земляного полотна та шарах з незв'язних матеріалів);

б) аналізу коефіцієнта надійності за величиною коефіцієнта варіації товщини шарів та коефіцієнта варіації напруження розтягу при згині монолітних шарів.



Рис. 3.**Структурна схема обчислювальних параметрів баз даних**

На підставі необчислюваних даних можуть бути:

а) побудовані картограми розподілу ділянок дорожнього одягу за показниками техніко-експлуатаційного стану;

б) визначені ділянки з незадовільним техніко-експлуатаційним станом дорожнього одягу та проаналізовано зміну техніко-експлуатаційного стану за часом;

в) проведений аналіз змін показників стану дорожнього одягу по довжині дороги;

г) проведений аналіз за видами деформацій та руйнувань, швидкістю розвитку;

д) проведений аналіз за причинами, що призводять до деформацій та руйнувань з урахуванням погодно-кліматичних факторів, стану шарів конструкції та ґрунту робочої зони земляного полотна

Дані можуть бути скомпоновані в самих різних комбінаціях як для формування статистичних звітів, так і для глибокого вивчення причин, що призводять до передчасного руйнування конструкції дорожнього одягу з метою розробки ефективних заходів з забезпечення стабільних техніко-експлуатаційних показників протягом терміну служби дороги.

©А.Г.Батракова

Кількість параметрів може доповнюватися додатковими параметрами інструментальної оцінки стану дорожнього одягу. Таким чином, можна задати довільну кількість обчислювальних або необчислювальних параметрів та довільний звітний період. База даних про стан дорожніх одягів за результатами георадарного обстеження повинна містити також блок інформаційних даних:

а) нормативну та довідкову літературу;
б) фізико-механічні характеристики матеріалів шарів дорожнього одягу;
в) методики оцінки фактичного стану дорожнього одягу;
г) методики прогнозування стану дорожнього одягу за результатами обстежень.

Висновки

Численні дослідження, що присвячені розробці методів оцінки стану дорожніх одягів, у більшості розглядають тільки осереднені показники, що характеризують стан дорожнього одягу. Практичне застосування таких методів обмежується неповнотою наборів даних про стан дорожніх одягів. Тому представляється доцільним застосування технічних засобів неруйнівного контролю, що забезпечують безперервність одержання інформації в реальному масштабі часу. Найбільший потенціал для оцінки поточного стану дорожніх одягів мають георадари, які можуть бути застосовані як окремо, так і в комбінації з іншими технічними засобами діагностики автомобільних доріг.

Розроблено модель оцінки стану дорожнього одягу, яку доповнено внутрішніми параметрами: геометричними – товщина конструктивних шарів дорожнього одягу; фізико-механічними – вологість ґрунтів земляного полотна; неоднорідності – наявність зон розущільнення у зміцнених шарах основи, підповерхневі тріщини у монолітних шарах покриття. Модель дозволяє оцінити коефіцієнт запасу міцності за пружнім прогином, за опором зсуву в ґрунтах земляного полотна та опором розтягу при згині в монолітних шарах покриття. Основою моделі є результати георадарного обстеження дорожніх одягів, що дозволяють оцінити міцністний та деформаційний стан конструкції дорожнього одягу.

Узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень дозволили розробити загальну схему моніторингу дорожнього одягу із залученням георадарних технологій, основу якої складають нові моделі й засоби одержання інформації про стан дорожніх одягів, методи оцінки фактичного стану, а також моделі прогнозування стану дорожніх одягів, що спираються на найбільш повні набори даних і можливості георадарних технологій. Запропоновано концепцію бази даних про стан дорожніх одягів за результатами георадарних обстежень.

1. Васильев А. П. Принципы прогнозирования транспортно- эксплуатационного состояния дорог / А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон // Автомобильные дороги. – 1993. – № 1. – С. 8–10.
2. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys : ASTM D 6433–11. – 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States, 2011. – 49 p.
3. Al-Omari B. Relationships Between IRI and PSR : Interim Report / B. Al-Omari, M. I. Darter. – Illinois Department of Transportation, 1992. – 71 p.
4. Демишкан В.Ф. Совершенствование управления состоянием автомобильных дорог в условиях ограниченных ресурсов : дис. … канд. техн. наук : 05.22.11 / Демишкан Владимир Федорович. – Харьков, 2000. – 171 с.
5. Інструкція по визначенню рівнів експлуатаційного стану автомобільних доріг державного значення та їх елементів : ІН В.3.1-218-336:2010. - [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2019. - 25 с. – (Інструкція).
6. The AASHO Road Test. Report 7: Final Summary. – Washington: HRB, National Research Council, 1962. – 56 p.
7. AASHO. The AASHO road test : Special Report 61A–61G. – Highway Research Board, Washington, D.C., USA. – 1961. – 12 p.
8. Technical Standards Branch Newsletter [Електронний ресурс]. – The Open Group, May 2007. – Vol. 6. – Issue 1. – 8 p. – Режим доступу : http: // transportation.alberta.ca/Content/docType256/Production/newsltrmay07.pdf.
9. Chu C.-Y. Empirical Comparison of Statistical Pavement Performance Models / C.-Y. Chu, P.L.

Durango-Cohen // Journal of Infrastructure Systems. – 2008. – Vol. 14. – № 2. – P. 138–149.
10. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys : ASTM D6433 – 11. – [January 2008]. – ASTM International is a member of CrossRef, 2008. – 48 p.
11. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України : П-Г.1-218-113:2009. - [Чинний від 2009-07.01]. – К. : Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2009. – 258 с. – (Правила).
12. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3-218-186-2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2005. – 176 с. – (Відомчі Будівельні Норми).
13. Flexible Pavement Design Manual : Document № 625-010-002-g. – Tallahassee, Florida : Florida Department of Transportation, 2008. – 189 p.
14. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. – American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. – 624 p.
15. Diefenderer B. K. Analysis of Full-Depth Reclamation Trial Sections in Virginia : Final Report / B.K. Diefenderer, A.K. Apeagyei – Virginia Department of Transportation : VCTIR, 2011. – 54 p.
16. Гамеляк І. П. Про нормування коефіцієнту запасу конструкцій дорожнього одягу із заданою надійністю / І.П. Гамеляк // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К. : НТУ, 2004. – № 69. – С. 32–37.
17. Батракова А. Г. Оценка состояния дорожных одежд с привлечением георадарных технологий : монографія / А. Г. Батракова. – Х. : ХНАДУ, 2013. – 152 с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

УДК 677.055.621.3.015.3

Л.М.Березін
Киевский национальный университет технологий и дизайна

РОЗРАХУНКИ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНИХ ФОРМ ТА КРИТЕРІАЛЬНИХ ЗА РОЗМІРАМИ НА ВТОМЛЕНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ

Представлено систематизацію та узагальнення традиційних методів розв'язку прикладних задач по забезпеченню заданого рівня втомленої довговічності та надійності деталей. Подано рекомендації з їх використання в детермінованій або ймовірнісній постановці стосовно деталей складних форм без надлишку запасів міцності в залежності від стадії проектування та наявної інформації. Запропоновано методологічний підхід з вибору раціональних конструкцій за довговічністю та надійністю їх деталей, що мають втомлене руйнування.

Ключові слова*: :проектний розрахунок , довговічність, надійність, втомлена міцність*

Форм 8. Літ 14.

Л.Н.Березин

РАСЧЕТЫ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНЫХ ФОРМ И КРИТЕРИАЛЬНЫХ ПО РАЗМЕРАМ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ

Представлена систематизація и обобщение традиционных методов решения прикладных задач по обеспечению заданного уровня усталостной долговечности и надежности деталей. Даны рекомендации по их использованию в детерминированной или вероятностной постановке применительно к деталям сложных форм, не имеющих избытка запасов прочности, в зависимости от стадии проектирования и исходной информации. Предложен методологический подход к выбору рациональных конструкций по долговечности и надежности их деталей с усталостными разрушениями.

Ключевые слова: *проектный расчет, долговечность, надежность, усталостная прочность*

L.Berezin

THE CALCULATIONS OF DETAILS OF DIFFICULT FORMS AND CRITERION BY SIZES ON THE TIRED LONGEVITY AND RELIABILITY

The purpose of the article is systematization and generalization of traditional methods of calculation of fatigue strength and reliability of details. This article shows development of theory and methodology on these questions in relation to the details of difficult forms without surplus of supply of strength. This is a recommendation on the use of methods in the determined or probabilistic raising depending on the stage of planning and initial information taking into account a specific and suppositions. It is offered calculation-experimental method for determination of longevity after the curve of fatigue of detail. It is built as a result of power analysis and information about the resource of detail from the operating supervisions of equipment. For the probabilistic estimation of loading detail the impact load was presented in a kind a polynomial. This got model allows determining forces at any values of factors, to examine loading as function of casual arguments, set the degree of influence of different factors on the size of force. Position of construction of function of distributing of longevity is expounded after the criterion of fatigue strength at the different values of coefficient of variation of loading. Its use is instrumental in mathematical support of choice of rational designer decisions, substantial reduction of terms and increase of reliability of the mechanical systems, on the different stages of planning.

Keywords*: designing, calculation, longevity, fatigue strength*

Вступ

Одним із основних напрямків підвищення одиничних виробничих потужностей обладнання є передусім інтенсифікація технологічних процесів та конструктивні ускладнення, що призводять до суттєвого підвищення навантажень в механізмах. Особливо наочно це простежується стосовно технологічного обладнання з традиційним відтворенням технологічного процесу. Тому наряду з проектними параметричними та функціональними характеристиками обладнання також зростають вимоги до рівня їх надійності. Надійність виробу закладається при розробці і аналізі технічного завдання та повинна контролюватися на всіх етапах його проектування. Враховуючи співвідношення тривалості та витрат до точності отриманого результату, доцільне попереднє прийняття конструктивних або технологічних рішень по забезпеченню заданого рівня довговічності та надійності на основі розрахункових рекомендацій.

Більшість деталей обладнання є стандартизовані, уніфіковані та наперед надійні з середнім ресурсом, який набагато перевищує тривалість міжремонтного циклу, що дає можливість їх заміни при плановому ремонті. Для встановлення номенклатури деталей, які лімітують надійність обладнання, використовують їх експлуатаційні спостереження на виробництві.

©Л.М.Березін

Аналіз експлуатаційної інформації засвідчує, що визначальними для надійності обладнання є переважно деталі з ознаками втомленого руйнування, для яких забезпечення необхідних запасів міцності збільшенням геометричних параметрів небезпечного поперечного перерізу унеможливлено. В розрахунках на міцність такі деталі називають критеріальними за розмірами. Незважаючи на відмінність форм та місць розміщення небезпечних перерізів таких деталей, причини та фактори, які впливають на їх втомлене руйнування, мають спільні закономірності. Надалі по тексту під деталями розуміємо деталі, які критеріальні за розмірами. Розрахунки їх на втомлену довговічність та надійність є об'єктом досліджень.

Переважна більшість видань по надійності має математичну спрямованість, а розрахунки відповідних деталей не відображені в технічній літературі. Важливість досліджень з надійності та довговічності підтверджується сучасною закономірністю промислового виробництва порівняно мало чисельних партій обладнання, що потребує скорочення часу та вартості виготовлення заводських зразків за рахунок переважного використання розрахункових рекомендацій замість натурних експериментів.

Метою статті є систематизація та узагальнення існуючих методів розв'язку прикладних задач по забезпеченню заданого рівня втомленої довговічності та надійності деталей з подальшим розвитком теорії і методології питань надійності вузької спрямованості стосовно деталей складних форм без надлишку запасів міцності, які не підпадають під традиційне комплексне розв'язування.

Основний розділ

В залежності від етапу проектування використовують розрахунки довговічності за міцністю в традиційній (детермінованій) або ймовірнісній постановках. Перші базуються на ретроспективній інформації про надійність діючого обладнання, в основі других закладено статистичні характеристики навантаженності деталі в експлуатації та кореговану лінійну гіпотезу накопичення втомлених пошкоджень для кривих втомленості деталей.

Ресурс деталей за критерієм втомленої міцності залежить від багатьох факторів: конструктивних (концентрація напружень, масштабний фактор, вид навантаження, форма поперечного перерізу тощо), технологічних (структура металу, шорсткість поверхні, поверхневе зміцнення), експлуатаційних (характер навантаження, можливість корозії). Деякі з цих факторів враховуються при традиційному розрахунку на міцність [10], який виконують за формулою:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} \geq [n], \qquad (1)$$

де $[n_T]$ - допустимий коефіцієнт запасу міцності деталі; n_σ, n_τ - коефіцієнти запасу міцності за нормальними та дотичними напруженнями, які розраховують за аналогічними формулами, наприклад, для нормального напруження:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1Д}}{\sigma_a + \psi_{\sigma д}\sigma_m},$$

де $\sigma_{-1Д}$ - границя втомленості деталі з урахуванням всіх факторів впливу (ефективного коефіцієнту концентрації напружень, масштабного фактору, шорсткості поверхні, поверхневого зміцнення тощо) при симетричному циклі; σ_a, σ_m - амплітуда та середнє значення циклу змінного навантаження; $\psi_{\sigma д}$ - коефіцієнт впливу асиметрії циклу навантаження.

Всі положення розрахунку достатньо висвітлені в чисельних літературних джерелах [3, 5, 10]. При цьому прийнято наступні припущення [13]: напруження змінюються за асиметричним циклом, хоча при експлуатації така зміна є випадковою; збільшення всіх компонент напружень циклу має однакову величину; характеристики міцності та навантаження приймають як сталі величини.

Зручними на етапі розробки технічного завдання є розрахунки деталей за коефіцієнтом запасу довговічності $[n_T]$. В найпростішому випадку, коли припускають лінійне додавання втомлених пошкоджень, коефіцієнт довговічності визначають за формулою:

$$n_T = \frac{T_{lim}}{T_p} \geq [n_T], \qquad (2)$$

де T_{lim}, T_p - відповідно граничний та нормативний ресурси в експлуатації за заданим критерієм втомленої довговічності.

©Л.М.Березін

Коефіцієнт запасу довговічності $[n_T]$ встановлюється для кожної деталі окремо на основі досвіду проектувальника і порівняння цих значень з результатами спостережень в експлуатації. Така оцінка довговічності зручна на практиці, проте $[n_T]$ не характеризує рівень надійності в явному вигляді, оскільки не відображає умови навантаження (статичні чи динамічні, співвідношення діючих і граничних напружень та число циклів навантаження), геометрію і технологію виготовлення деталі тощо. Зміна будь-якого фактору впливу кожного разу примушує уточнювати значення коефіцієнту запасу, що унеможливлює його застосування як нормативної характеристики.

Іноді рекомендують метод диференційованого визначення $[n_T]$ у вигляді добутку ряду коефіцієнтів, кожний з яких враховує окремий фактор і також задається в певних межах. Вибір $[n_T]$ з одного боку впливає на довговічність та надійність, з іншого – на розміри деталей. Актуальність обґрунтування $[n_T]$ особливо посилюється для деталей, розміри яких в небезпечних перерізах обмежені. Досвід свідчить, що розрахункові значення $[n_T]$ на практиці не виправдані через довільне варіювання значень кожного з множників, що призводить до зміни $[n_T]$ в широких межах. Тому використання розрахунків за коефіцієнтом запасу довговічності обмежене, але допускається насамперед при проектуванні індивідуального або дрібносерійного обладнання.

Перелічені недоліки в розрахунках деталей на втомленість усуваються при застосуванні методу, що запропонований в [6, 11]. З рівняння кривої втомленості деталі отримують значення обмеженої довговічності в циклах навантажень виду:

$$N = N_G\left(\frac{\sigma_{-1Д}}{\sigma_{-1ДN}}\right)^m \quad , \tag{3}$$

де N_G - абсциса точки перегину кривої втомленості; $\sigma_{-1ДN}$ - гранична амплітуда напружень в деталі при симетричному циклі навантаження, яка відповідає числу циклів навантаження N; m - параметр, який характеризує нахил ділянки кривої втомленості деталі. Границя втомленості деталі натурних розмірів $\sigma_{-1Д}$ звичайно в 2…6 раз менше границі втомленості матеріалу σ_{-1} і визначається за типовою методикою експериментально або аналітично для деталей загального машинобудування.

Для розрахункового визначення $\sigma_{-1Д} = \frac{\sigma_{-1}}{K}$ вводять коефіцієнт, який враховує вплив конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів на опір втомленості деталі, а саме:

$$K = \left(\frac{K_\sigma}{K_{\alpha\sigma}} + \frac{1}{K_F} + 1\right)\frac{1}{K_V K_A},$$

де K_σ - коефіцієнт концентрації напружень; $K_{\alpha\sigma}$, K_F, K_A, K_V - коефіцієнти, що враховують вплив масштабного фактору, чистоти поверхні, анізотропії металу та термообробку деталі відповідно [14, 8, 9]. Проте складність форм деталей та несталість факторів впливу в процесі їх виготовлення та експлуатації приводять до значних похибок при визначенні K та відповідно $\sigma_{-1Д}$. Тому даний підхід в розрахунках деталей доцільний на попередній стадії проектування нового обладнання або при модернізації діючого з використанням різнобічної інформації, включно з даними експлуатаційних спостережень.

При застосуванні ймовірнісних розрахунків необхідно враховувати несталість параметрів міцності деталей – механічних характеристик міцності матеріалу, відхилення площ небезпечних перерізів тощо. Оскільки характеристики міцності в більшості випадків змінюються випадковим чином (наприклад, коефіцієнт варіації для деталей, які виготовлені литвом, в 3…5 разів більше чим для матеріалу деталей), то необхідно використовувати ймовірнісні розрахунки міцності.

Таким чином, випадковість навантажень і характеристик міцності матеріалів та необхідність забезпечення малих, але достатніх запасів міцності, а тим паче сукупність цих умов, передбачає доцільність застосування ймовірнісних розрахунків на міцність при проектуванні.

Використання класичного методу розрахунку втомленої довговічності деталей в циклах навантажень до руйнування [11] за границею втомленості деталі та параметрами кривої втомленості обмежено через складність визначення коефіцієнту K. Типові методики [8, 14] експериментального або аналітичного його визначення мало пристосовані для деталей складних

форм при несталості факторів впливу та значній тривалості стендових випробувань на втомлене руйнування (число циклів навантаження наближене до 10^5 циклів).

Для удосконалення діючого обладнання або при проектуванні перспективних моделей з спадковістю конструкції по заданому ресурсу за критерієм втомленої міцності пропонуються загальні положення розрахунку, які базуються на рівнянні Велера [1] - залежності між еквівалентними напруженнями $\sigma_{екв_i}$ в небезпечному перерізі та відповідними числами циклів навантаження N_{pi} до руйнування [4, 7] виду:

$$\sigma^m_{екв1} N_{p1} = \sigma^m_{екв2} N_{p2}, \qquad (4)$$

де m - параметр, який враховує нахил робочої ділянки кривої втомленості деталі**,** яку будувалася за даними експлуатаційних спостережень; N_{pi} – розрахункове число циклів навантаження деталі до руйнування. Індекси $i=1, 2$ відповідають параметрам, які встановлені до та після проектування.

Значення m звичайно знаходиться в межах 3…25, при збільшенні показника m нахил ділянки зменшується.

При наявності достатньої інформації m розраховують за формулою:

$$m = \frac{\lg(N_G / N)}{\lg(\sigma_{-1N} / \sigma_{-1Д})} = \frac{\lg(N_2 / N_1)}{\lg(\sigma_{-1N_2} / \sigma_{-1N_1})}, \qquad (5)$$

де σ_{-1N_1} та σ_{-1N_2} - границі обмеженої втомленості деталі при симетричному циклі, які відповідають числам циклів N_1 та N_2.

Іноді показник m наближено визначають за кореляційною формулою [12] $m = C/K$, де $C = 5 + \frac{\sigma_B}{80}$ при границі міцності матеріалу σ_B в МПа. N_{pi} обчислювали за втомленою довговічністю деталей, під якою розуміли ресурс T_{pi} як сумарний час в годинах безвідмовної роботи деталей до втомленого руйнування.

Еквівалентні напруження $\sigma_{екв_i}$ обчислювали заміною реального ступінчастого навантаження з вираженою закономірністю чергування різних рівнів за цикл навантаження за формулою:

$$\sigma_{екв} = \left(\frac{1}{\sum\limits_{i=1}^{s} N_i} \sum_{i=1}^{s} \sigma_i^m \cdot N_i\right)^{\frac{1}{m}}, \qquad (6)$$

де s – кількість ступіней циклу навантаження.

Розв'язок виконується за залежністю еквівалентних напружень в небезпечному перерізі деталей від відповідних розрахункових чисел циклів навантаження до руйнування. Звичайно такий підхід реалізується при наявності накопиченої емпірики про ресурс деталей та аналітики про ударне їх навантаження. В першому випадку можливе використання хронометражних даних з експлуатаційних спостережень, для другого - положень по визначенню ударного навантаження, еквівалентних напружень при реальному ступінчастому навантаженні з вираженою закономірністю чергування різних рівнів за цикл тощо. Такі розрахунки доцільні на стадії ескізної компоновки при порівнянні різних варіантів нових конструкцій, оскільки дозволяють оперативно оцінювати ефективність заходів по підвищенню довговічності деталей. Звичайно, що можливість практичної реалізації розрахунків деталей пов’язана з достовірною інформацією про їх відмови.

Перелічені детерміновані розрахунки довговічності за критерієм опору втомленості дають загальні висновки про безвідмовність об’єкту за розрахунковий ресурс без її кількісної оцінки, тобто відносяться до розрахунків надійності тільки умовно. Обчислене значення еквівалентного напруження в небезпечному перерізі деталей відповідає 50%-ій ймовірності його руйнування при певному числі циклів навантаження до руйнування. Для обчислення еквівалентного напруження з наперед заданою ймовірністю руйнування рекомендується вводити в розрахунок умовний коефіцієнт запасу міцності виду:

$$K_\sigma = 10^{U_p \sigma_{\lg N_p}}, \qquad (7)$$

де σ_{lgN_p} - середнє квадратичне відхилення логарифму середньої довговічності в циклах навантаження; U_p - квантиль розподілу нормального закону.

Коефіцієнт враховує середнє квадратичне відхилення логарифму середньої довговічності в циклах навантаження, який можна обчислювати за даними стендових випробувань або експлуатаційних спостережень.

Невизначеність або відсутність вихідної інформації для розрахунку статистичних характеристик опору втомленого руйнування натурних деталей – основна причина, що гальмує використання розрахунків довговічності на втомлену міцність. Автором запропоновано розрахунково-експериментальний метод [2] визначення довговічності за кривою втомленості деталі, яку пропонується будувати за результатами силового аналізу та статистичних даних про ресурс деталі до руйнування з експлуатаційних спостереженнях обладнання. Розрахунок включає наступні дії: визначення максимальних навантажень на деталь; обчислення еквівалентного напруження в її небезпечному перерізі та відповідного числа циклів деталі за строк служби до руйнування; побудова робочої вітки кривої втомленості деталі, яка характеризує границі обмеженої втомленості деталі при відповідних числах циклів навантаження.

Для ймовірнісної оцінки навантаженності деталі ударне навантаження представляли у вигляді поліному, який отримували чисельно-аналітичним методом з використанням обчислювального експерименту. При встановленні закону розподілу навантаження за випадкову величину приймали силу, величина якої залежить від зносу та інтенсивності змащення. Отримана поліноміальна модель дозволяє визначати ударні навантаження на деталь при будь-яких значеннях факторів в зазначених умовою межах, розглядати навантаження як функцію випадкових аргументів, встановлювати степінь впливу різних факторів на величину навантаження.

В роботі також представлено метод розрахунку надійності у випадку не тривіального опису випадкових значень ударного навантаження нелінійним рівнянням, що не підпорядковується нормальному закону розподілу, який використовується в класичних розрахунках. Обчислення виконували графічним методом розрахунку ймовірностей.

Важливою ланкою в розрахунках довговічності за критерієм втомленої міцності деталей є обчислення параметрів їх навантаженності в ймовірнісному аспекті. Визначення еквівалентного числа циклів навантаження деталі полягало в систематизації спектру експлуатаційних навантажень та заміні фактичного режиму дії нестаціонарних навантажень на режим з сталим розрахунковим навантаженням. Обмежені границі втомленості деталі визначали для числами циклів, які відповідають наробіткам на відмову за корегованою лінійною гіпотезою додавання втомлених руйнувань. Криву втомленості, яка характеризує медіанну довговічність деталей і виражена числом циклів до руйнування, будували за обчисленими цими параметрами для однотипних деталей, що мали відмінні умови навантаження. Результати розрахунків на довговічність характеризуються високою достовірністю, оскільки їх значення потрапляють в межі області при ймовірності не руйнування P =0,95. Метод раціонально використовувати передусім при проектуванні принципово нових конструкцій з високими вимогами до точності розрахунків.

Прогресивним підходом до оцінки довговічності деталей є застосування розрахунків в ймовірнісному аспекті, що дозволяє підвищити їх точність в порівнянні з детермінованими методами. Виконують їх переважно після завершення конструктивної компоновки механізму обладнання серійного виробництва як уточнений розрахунок для прийняття остаточних рішень.

Для реалізації розрахунку функції розподілу довговічності деталей [6] необхідно мати закон зміни та число навантажень, а також параметри втомленості деталей, які відповідають умовам їх роботи. Стендові випробування деталей на втомленість виконували для визначення середніх значень і коефіцієнтів варіації параметрів втомленого руйнування. Розсіяння граничних напружень вивчено недостатньо, що пояснюється необхідністю збільшення числа випробувань та відсутністю в наявних розрахунках вимог диференціації впливу розсіяння. При визначенні характеристик міцності матеріалів переважно вказують середнє значення та середнє квадратичне відхилення або коефіцієнт варіації [13]. При відсутності таких даних коефіцієнт варіації границі міцності матеріалу можна вибирати з меж 0,03…0,04 для покращених і нормалізованих сталей та 0,05…0,07 для сталей з термічно зміцненою поверхнею. В загальних розрахунках на опір втомленості коефіцієнт варіації граничного напруження приймають як для границі втомленості деталі $\sigma_{-1Д}$ та визначають за формулою:

$$v_{-1Д} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}\,, \qquad (8)$$

де v_1 - коефіцієнт варіації для точно виготовлених деталей з матеріалу одної плавки; v_2 - коефіцієнт варіації, який враховує розсіяння між різними плавками, який наближено дорівнює коефіцієнту варіації границі міцності матеріалу; $v_3 = (0{,}3\ldots0{,}45)\,v_\rho$ - коефіцієнт варіації, який враховує розсіяння геометричних розмірів та шорсткості поверхні концентратора напружень; v_ρ - коефіцієнт варіації концентратора напружень.

При схематизації навантажень деталей використовували максимальні амплітуди, які отримували методом тензометрування при подальшій перевірці за даними розрахунків. Розбіжність експериментальних і аналітичних значень на різних рівнях навантаження не повинна перевищувала 6%, що допускається при проектуванні. Це дозволяє надалі, при відсутності експериментальних даних про навантаження, застосовувати результати розрахунків.

Реальне навантаження замінювали блочним, яке еквівалентне по ступені накопичення втомленого руйнування. Використовували коригування лінійної гіпотези додавання втомлених пошкоджень, що є наслідком дії різних навантажень. У відповідності до сучасних уявлень про втомлені пошкодження [13] враховували доволі малі напруження, які більші за 0,5 від границі втомленості деталі. Коефіцієнт варіації еквівалентного навантаження розглядали як добуток двох випадкових незалежних величин максимального навантаження спектру та коефіцієнту еквівалентності режиму навантаження, який дорівнює квадратичній сумі коефіцієнтів варіації спектру максимального навантаження v_{max} та коефіцієнту режиму $v_{реж}$: $v_F = \sqrt{v_{max}^2 + v_{реж}^2}$. При відсутності вихідних даних середній коефіцієнт варіації навантаження приймають в межах v_F=0,1…0,15 (числові значення v_F представлені для деталей машин окремих галузей, причому більші значення відповідають машинам, які розраховані на невизначеного споживача). Діапазон розсіяння коефіцієнтів еквівалентності режимів навантаження можливо оцінювати відношенням еквівалентних навантажень для двох суміжних або найближчих несуміжних типових режимів. Інший розрахунковий випадок відносять до технологічного обладнання та до машин широко універсальних, для яких діапазон розсіяння коефіцієнтів еквівалентності режимів через незначні навантаження встановлюють при виробництві за вибірковим розмірним рядом. Відповідно коефіцієнти варіації еквівалентності режиму $v_{реж}$ вибирають з меж 0,07…0,1 або 0,04…0,06.

Числа циклів навантаження деталей до втомленого руйнування задовільно описуються логарифмічно нормальним законом розподілу. За отриманими характеристиками навантаженності складали рівнянням емпіричних ймовірнісних значень обмеженої довговічності в залежності від еквівалентного напруження.

Отримання функції розподілу довговічності за критерієм втомленої міцності при різних значеннях коефіцієнта варіації навантаження дозволяє на етапі проектування визначати їх медіанну довговічність в циклах навантаження або гама-відсотковий ресурс та ретельно оцінювати конструктивні і технологічні рішення механічної системи, що впливають на деталі з низькою довговічністю. При незмінності конструкції для цих деталей за функцією розподілу їх довговічності можна розв’язувати обернену задачу по визначенню навантажень, які забезпечать заданий проектний рівень довговічності деталей.

Як показує досвід, для обчислення характеристик напруженності та обмеженої довговічності деталей доцільно замінювати довготривалі та витратні стендові випробування експлуатаційними спостереженнями обладнання на виробництві з подальшим визначенням циклів навантаження до втомленого руйнування (по зафіксованим відмовам та обчисленому середньому наробітку до відмови).

Очевидно, що розрахунки на довговічність в ймовірнісному аспекті, які потребують використання ймовірнісних критеріїв та отримання додаткової вихідної інформації, що значно ускладнює та подовжує проектування, необхідно використовувати за заключній стадії проектування. Одначе це не виключає на заключній стадії проектування заводських випробувань дослідних зразків для контролю заданої довговічності та вибіркових, але систематичних спостережень серійних зразків, на виробництві.

Висновки

Наведений огляд методів розрахунку довговічності за критерієм втомленої міцності з урахуванням специфіки та припущень стосовно деталей, для яких забезпечення необхідних

запасів міцності збільшенням геометричних параметрів небезпечного поперечного перерізу неможливе, сприяє вибору та математичній підтримці прийняття конструкторських рішень, суттєвому скороченню термінів та підвищенню якості механічних систем на різних стадіях проектування обладнання. Вважаємо перспективним використання представлених матеріалів для створення банку даних та керівних документів єдиної інформаційної системи про надійність, узагальненої методики розрахунків довговічності стосовно деталей, які мають переважно втомлені руйнування та критеріальні за розмірами.

Очевидно, що практична реалізація цих розрахунків пов'язана з наявністю достовірної інформації про відмови деталей, а їх точність від об'єму накопичення даних.

1. Березін Л.М. Удосконалення трикотажного обладнання на основі розрахунків довговічності деталей в'язального механізму// Вісник КДУТД. – 2001, №1. – С.70 – 73.
2. Березін Л.М. Імовірнісний розрахунок довговічності селекторів по критерію втомленісної міцності// Вісник КНУТД. – 2006, №3. –Т.29. – С.35 – 41.
3. Гусев А.С., Светлицкий В.А. Расчет конструкций при случайных воздействиях. М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
4. Гребенник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. – М.: Металлургия, 1980. – 344 с.
5. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
6. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Высш.шк., 1991. – 319 с.
7. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
8. Петерсон Р. Коэффициенты концентрации напряжений: (Графики и формулы для расчета конструктивных элементов на прочность). – М.: Мир, 1977. – 302 с.
9. Савин Г.Н., Тульчий В.И. Справочник по концентрации напряжений. – К.: Наук. думка, 1976. – 410 с.
10. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.
11. Трощенко В.Т. Прочность металлов при переменных нагрузках. – К.: Наук. думка, 1978. –174с.
12. Трощенко В.Т., Сосновский Л.А. Сопротивление усталости металлов и сплавов: Справочник. Ч.1,2 – К.: Наук. думка, 1987. – 1315с.
13. Фролов К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
14. Чечулин Б.Б. Масштабный фактор и статистическая природа прочности металлов. – М.: Металлургия, 1978. – 120с.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014.

©Л.М.Березін

УДК 629.113

В.В.Біліченко, В.В.Рациборинський
Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ АВТОТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ

Існує декілька класифікацій автомобільних тренажерів: по характеру навичок, формованих в учня; за призначенням; за кількістю учнів; за конструкцією і способом відтворення дорожньої обстановки. Відповідно до завдань, вони мають певні переваги та недоліки.

Ключові слова: *автомобільні тренажери, безпека дорожнього руху, класифікації автомобільних тренажерів, дорожня обстановка, водійська майстерність, професійні навички.*

В.В.Биличенко, В.В.Рациборинский

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ АВТОТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ

Существует несколько классификаций автомобильных тренажеров: по характеру навыков, формирующихся у ученика; по назначению; по колличеству обучающихся; по конструкции и способам воспроизведения дорожной обстановки. Соответственно задачам у них есть определенные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: *автомобильные тренажеры, безопасность дорожного движения, классификации автомобильных тренажеров, дорожная обстановка, водительское мастерство, профессиональные навыки.*

V.Bilichenko, V.Ratsyborynsky

ANALYSIS OF APPROACHES TO CLASSIFICATION DRIVING SIMULATORS FOR TRAINING DRIVERS.

There are several classifications of automobile simulators: by the nature of the skills, formed a student; by appointment; by the number of students; in design and method of playing road conditions. According to the tasks they have certain advantages and disadvantages. Automotive Training systems and their components are designed to: develop skills using the vehicle controls; skills of driver behavior under extreme traffic situations and in different environments; study traffic rules; study of the structure of the vehicle; control of acquired knowledge; practicing safe driving elements of automotive engineering ; to verify the level of training of drivers that are automotive service professionals ; quality training of drivers , a driver and specialists in restoration of automotive technology in schools as of today there is no single teaching methods and training for all types of simulators. Therefore, in addition to the general provisions and principles of training , mandatory for any training process , consider the purpose of the simulator and its design opportunities and challenges of training, which is the basis of existing classifications car simulators . But all of them , unfortunately, along with the benefits (different for different designs) have also disadvantages associated with structural features , the transfer of road conditions, etc.. All this confirms the urgent need for radical changes in the technical policy for priority directions of development of training tools.

Keywords*: car simulator, classification of driving simulators, driving simulators design, road conditions, driving skills, professional skills.*

Постановка проблеми. Автомобільним тренажером називається обладнання, що моделює умови роботи водія автомобіля, призначене для формування, закріплення й удосконалення навичок і вмінь у процесі підготовки й підвищення майстерності водія. Устаткування сучасного тренажера зазвичай складається з наступних елементів: обладнання, що моделює робоче місце водія автомобіля (модель автомобіля), обладнання, що моделює дорожню обстановку, і пульта майстра виробничого навчання водінню.

Автомобільні тренажери мають широкий діапазон можливого використання. Первинно вони створювались для підготовки професійних водіїв спеціальних транспортних засобів до складних умов на дорозі. Сучасні автотренажери призначені не тільки для навчання водіїв, але й для дослідження надійності взаємодії в системі автомобіль-водій, а також оптимізації допоміжних систем кабіни автомобіля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до завдань існує декілька класифікацій тренажерів: по характеру навичок, формованих в учня, - для формування сенсомоторних навичок, розумових навичок, змішаного типу; за призначенням - функціональні (розпізнають і тренують окремі функції), комплексні (формують комплекс навичок); за кількістю учнів - розрізняють тренажери одномісні (індивідуальні) та багатомісні (групові); за

©В.В.Біліченко, В.В.Рациборинський

конструкцією основи - з рухливою та нерухливою основою; за конструкцією і способом відтворення дорожньої обстановки - тіньові, телевізійні, кінотренажери. На практиці в підготовці водіїв застосовуються кілька конструкцій автомобільних тренажерів, а саме статичні з навчальною приставкою (функціональні) та динамічні аналогові (комплексні), серед останніх виділяють тіньові, телевізійні, з кінопроектором, комп'ютерні.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. На сьогоднішній день не існує універсального тренажера, який відповідав би всім вимогам організації процесу навчання й аттестації водіїв (ефективність, простота, доступність, економічність) та проведенню наукових досліджень чинників безпеки дорожнього руху.

Метою нашої роботи є проведення аналізу методичних підходів до класифікації автомобільних тренажерів відповідно до завдань , які виникають в процесі підготовки водія, а також визначення перспектив подальшого моделювання новітніх автотренажерів.

Основні результати дослідження

Порівняльний аналіз існуючих класів автомобільних тренажерів. Провідні вчені та розробники тренажерів довели необхідність та актуальність впровадження новітніх тренажерних систем навчання у програму підготовки спеціалістів з подальшим її інтегруванням у єдину систему навчання [5]. Автомобільні тренажери застосовуються на різних етапах навчання. За допомогою тренажерів проводиться як первинне навчання, тобто відпрацьовування навичок маніпуляція важелями й педалями керування автомобілем, так і навчання навичкам сприйняття й оцінки ситуації на дорозі [2]. Залежно від цього й вимоги до тренажерів відрізняються.

На початковому етапі навчання за допомогою тренажера відбувається ознайомлення з органами керування автомобілем, їх розташуванням, зусиллями для переміщення педалей, поворотів кермового колеса, важеля перемикання передач. У призначених для цього тренажерів головними повинні бути подібні до стандартного автомобіля розташування й конструкція органів керування й робочого місця водія. На наступному етапі навчання акцент слід зробити на виробленні автоматизму в процесі руху. Тренажери дають можливість концентрації уваги учня тільки на важелях керування, а не на дорожній ситуації, що є надзвичайно важливим при виробленні автоматичних дій.

На більш пізніх етапах навчання за допомогою тренажера водій-початківець знайомиться з умовами руху в різних дорожніх ситуаціях. Для цього тренажер обладнується засобами візуалізації, які забезпечують зворотний зв'язок «автомобілем» і водієм. Тут необхідно підкреслити значення цього, тому що адекватність дій учня спочатку на тренажері й надалі в автомобілі забезпечує динамічна подібність систем керування тренажера й автомобіля. Спостережуваний ефект при цьому на тренажері має бути таким же, як і на автомобілі.

Ряд автотренажерів дає можливість здійснювати психологічну підготовку водіїв, виробляти необхідне сприйняття і оцінку дорожньої ситуації й «свого місця» на дорозі як учасника руху.

Економічний ефект навчання на тренажері полягає не тільки в якісній підготовці водіїв, але й в тому, що дозволяє знизити витрати за рахунок скорочення числа викладачів при тій же кількості учнів і створює можливість зменшення витрат на утримання навчальних автомобілів, економії палива, масел та інших матеріалів.

Найбільша економія досягається при застосуванні групових тренажерів, коли один майстер навчає одночасно декількох учнів. В наш час випускається устаткування для групового навчання в класі, за допомогою якого забезпечується імітація реального руху, причому наявність механізмів, що реєструють помилки учнів, прискорює процес навчання. Є також пристосування макетного типу, що імітують рух автомобіля на дорозі за допомогою мініатюрних макетів автомобіля й дороги та інші конструкції.

Однак застосування навіть індивідуального тренажера економічно доцільно. Найбільші матеріальні збитки заподіюється саме на перших етапах навчання через непрофесійні дії учнів. Це призводить до підвищеного зношування деталей, і навіть до їх поломки. З іншого боку, побоювання майстра навчання, за збереженість навчального автомобіля мимоволі передається учню, який і без того постійно перебуває під впливом дійсної й уявної небезпеки, що виникає

на дорозі. Застосування тренажера дозволяє зменшити психічне навантаження учня, підвищити його успішність на першому етапі й скоротити зношування навчального автомобіля.

При класифікації тренажерів по характеру навичок, формованих в учня, вони поділяються на наступні групи: тренажери для формування сенсомоторних навичок, тренажери для формування розумових навичок, тренажери змішаного типу. Згідно з цією класифікацією автомобільні тренажери донедавна відносились до першої групи, тобто були призначені для формування й тренування сенсомоторних навичок. Сучасні автомобільні тренажери мають бути віднесені до третьої групи, тобто до групи тренажерів, призначених для формування як розумових, так і моторних навичок.

За призначенням автомобільні тренажери можна розділити на функціональні й комплексні. Функціональні тренажери дозволяють розпізнавати й тренувати окремі функції, виробляючи необхідну навичку водіння або окремі її елементи. Комплексні тренажери використовуються для формування комплексу професійно важливих навичок. Більшість сучасних автомобільних тренажерів належить до комплексного типу і використовується з метою виявлення здатності до водіння автомобілів, навчання кермуванню автомобілем, вивчення поведінки водіїв у певних умовах діяльності, навчання водіїв діям необхідним у складних дорожніх ситуаціях.

За кількістю учнів, які одночасно проходять навчання, розрізняють тренажери одномісні (індивідуальні) і багатомісні (групові).

За конструкцією основи розрізняють тренажери з рухливою й нерухливою основою, або динамічні та статичні.

За конструкцією і способом відтворення дорожньої обстановки автомобільні тренажери розділяють у такий спосіб: тіньові, з рухливим полотном дороги, телевізійні, кінотренажери.

Тіньовий тренажер, або тренажер з тіньовою проекцією є досить розповсюдженим. Такі тренажери існують і в нашій країні, і за кордоном. Типові представники тренажерів з тіньовою проекцією складаються з моделі автомобіля, пристрою для тіньової проекції у вигляді диска з нанесеною на ньому ділянкою місцевості, пульта майстра і екрана.

Дорожня обстановка в тренажерах цього типу відтворюється за допомогою тіньової проекції. Для цього використовують сферичний диск із нанесеними на ньому вулицями і майданами або макет місцевості. Точкове джерело світла розташовується зазвичай нерухомо, а макет місцевості переміщається, відповідно керуючим діям водія. Оптична систему тіньового тренажера складається з трьох елементів: джерело світла, відтінюваний макет або малюнок і екран. Якість зображення визначається різкістю напівтіней на границі картини й залежить від відстані між макетом і екраном і від розмірів точкового джерела світла. Оцінку дозвільної здатності тіньового проектора зручно робити за допомогою прозорого трафарету (міри), на якій нанесені непрозорі лінії різної товщини. Міри можуть бути радіальними і лінійними. Макети місцевості можуть бути виконані як на прозорій, так і на дзеркальній основі. При проектуванні й виготовленні тіньового тренажера потрібно досить точно розрахувати масштаб макета місцевості, який обирають залежно від розмірів джерела світла.

Пульт майстра виробничого навчання водінню являє собою стіл, на якому поміщені контрольні прилади (до одного пульту може бути включено до чотирьох робочих місць). Майстер навчання техніці водіння автомобіля має можливість одночасно зв'язатися з усіма учнями відразу або з кожним окремо. Він контролює: швидкість навчання, включення передач, дії педалями зчеплення, гальма й керування подачею палива й важелем ручного гальма, дії покажчиками поворотів, також контролюється відхилення від заданого напрямку руху (відзначається кількість відхилень).

Зустрічаються конструкції тіньових тренажерів, у яких модель автомобіля встановлюється ведучими колесами на бігові барабани, що дозволяє імітувати динамічні навантаження на трансмісію і двигун.

Тіньовий тренажер є гарним навчальним засобом при первинній підготовці учнів по техніці водіння вантажного або легкового автомобіля. Його головна перевага полягає в чіткому зворотному зв'язку, завдяки якому навіть досвідчений водій забуває, що він перебуває за кермом моделі автомобіля, а не за кермом автомобіля.

©В.В.Біліченко, В.В.Рациборинський

Позитивним аспектом використання тіньових тренажерів є велика свобода вибору напрямку й швидкості руху, вони дозволяють відпрацьовувати рух по прямій, повороти, рух заднім ходом і інші елементи водіння автомобіля, при цьому забезпечують досить повний ефект присутності водія в середовищі руху, добре моделюють зворотний зв'язок відносно швидкості та напрямку руху. За допомогою тіньового тренажера можна відтворювати рух автомобіля як в умовах міських вулиць, так і на заміських дорогах, але лише при відсутності інших учасників руху.

Разом з тим усім тіньовим тренажерам властиві деякі недоліки, такі як умовність зображення і неможливість відтворення інших учасників руху. Суттєвим методичним недоліком є неможливість постановки чіткої задачі, завдання певної програми й відпрацьовування конкретних прийомів в ході окремого заняття. Така програма може бути детально розроблена заздалегідь і добре зрозуміла учню, однак, одна помилка, допущена ним у ході занять, може докорінно змінити наступне чергування дорожніх ситуацій і намічену програму. Це пов'язано з великою втратою часу й при групових заняттях сильно ускладнює навчальний процес. Таким чином, кожна вправа на тіньовому тренажері є індивідуальною і не підлягає ні точному програмуванню, ні відтворенню.

На тіньовому тренажері утруднене вирішення таких завдань, як формування розумових навичок, прогнозування ситуацій, тренування дій у складній дорожній обстановці, через відсутність інших учасників руху, а також через те, що модель автомобіля встановлена в приміщенні нерухомо й не дозволяє моделювати бічні прискорення, що діють на водія. Поки не розроблені системи тіньової проекції, які дозволили б уводити в дорожню обстановку інших учасників дорожнього руху – автомобілі або пішоходів, всі предмети й перешкоди на дорозі можуть бути тільки нерухомими. Однак найбільша складність керування транспортним засобом полягає у взаємодії з іншими учасниками руху, коли ступінь невизначеності необмежено зростає. Особливо ця невизначеність збільшується при неправильній і нелогічній (з погляду інших водіїв) поведінки одного з учасників руху. Тому такий тренажер може бути ефективний лише на початковому етапі навчання.

Через те, що «ефект присутності» при тіньовій проекції виходить досить повним, а зворотний зв'язок по швидкості й напрямку добре відповідає реальним, виникають сумніви щодо доцільності застосування тіньових тренажерів, які успішно моделюють лише рух по пустельній дорозі, коли учень перебуває на проїзній частині в повній самітності. Водіння ж автомобіля по пустельній дорозі особливого вміння не вимагає й легко засвоюється більшістю учнів після мінімального ознайомлення з органами управління автомобіля. Єдиними труднощами, з якими при цьому зустрічається учень, це рушання з місця. Цей процес можна відтворити лише при повній інерційно-силовій подобі тренажера й автомобіля незалежно від способу відтворення дорожньої обстановки. Також на тіньовому тренажері неможлива імітація аварійних ситуацій, відтворення небезпеки, що є надзвичайно бажаним, тому що дозволить майбутньому водієві накопичити деякий досвід.

Можуть бути комбіновані автотренажери, так тіньовий тренажер АРТ-65 виробництва Чехії має п'ять навчальних місць, пульт майстра навчання і обладнання для тіньової і кінопроекції. Дві кабіни установки АРТ-65 мають зв'язок з тіньовою проекцією, за допомогою якої формуються первинні навички. У кіноваріанті всі п'ять кабін тренажера (п'ять навчальних місць) обернені до кіноекрана.

Найбільш складною є конструкція телевізійних тренажерів. Як правило, вони складаються з двох основних частин: макета місцевості з передавальною камерою, установленою на самохідному шасі, і моделі автомобіля, що моделює робоче місце водія з телеекраном, на якому відтворюється зображення дороги від камери. Візок, на якому встановлена передавальна камера, має два ступені свободи й керується з місця учня за допомогою стандартних для автомобіля органів керування.

Телевізійний тренажер містить у собі модель кабіни автомобіля, обладнання, що моделює трансмісію автомобіля й телевізійну систему візуалізації, а також складається з макета місцевості, змонтованого на рамі передавальної камери, яка закріплена на обертовій основі. Камера може повертатися й переміщатися вертикально по напрямним, а разом із цими напрямними рухатися горизонтально. Рух передавальної камери здійснюється за допомогою

приводних механізмів. У систему телевізійної візуалізації входять: освітлювальна система, телевізійний проектор і екран. Об'єктив камери, переміщається по макету місцевості і передає зображення на проектор, а від нього на телеекран. Керування телекамерою здійснюється з кабіни тренажера. Акустичну інформацію водій одержує за допомогою гучномовця, який передає записані на плівці шуми від роботи двигуна, зустрічних і попутних автомобілів і т.д.

Також тренажер має можливість повертатися навколо горизонтальної осі, що проходить на рівні грудей водія, що дозволяє відтворювати поперечні прискорення. Для імітації повороту кабіна нахиляться таким чином, що прискорення сили ваги діє на неї в тому напрямку, у якому діє сумарна сила від прискорення сили ваги й відцентрового прискорення на водія в дорожніх умовах.

Схема керування і взаємодії систем тренажера передбачає можливість керування такими характеристиками системи «водій – автомобіль – дорога – середовище», як швидкість і напрямок вітру, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, момент опору на кермовому колесі, кривизна дороги, кути крену, шуми. Об'єктивному контролю піддаються: гальмівна сила, положення педалі подачі палива, швидкість «руху», кут повороту кермового колеса, показання тахометра. На всі вступні сигнали: показання тахометра, шум руху (двигуна й шин), опір на кермовому колесі – водій реагує поворотом кермового колеса й зміною положення педалей подачі палива або гальма. Його дії, перетворені в електричні сигнали, надходять на вхід аналогового обладнання. Від ЕОМ здійснюється керування всіма реакціями, що діють на автомобіль і на переміщення телекамери по макету місцевості, завдяки чому здійснюється зворотний зв'язок і учень одержує інформацію про положення свого автомобіля.

До переваг телевізійних тренажерів можна віднести те, що вони зручні для дослідження психофізіологічних функцій водіїв, тому що дозволяють у широких межах моделювати дорожні умови й керований рух автомобіля. За допомогою тренажерів цього типу можна також досліджувати поведінку водія в аварійній ситуації, якщо врахувати, що по макету місцевості можуть рухатися не тільки візок з передавальною камерою, але й моделі інших автомобілів. Ще однією цінною властивістю телевізійних систем є можливість запису всього процесу тренування за допомогою відеомагнітофона, що дозволяє провести докладний розбір усіх елементів занять і аналіз помилок. Але через свої складність устаткування й дорожнечу, що можна віднести до недоліків, телевізійні тренажери не знайшли широкого застосування в навчальних цілях.

При досить високій якості апаратури телевізійна проекція має значно більшу дозвільну здатність, ніж тіньовий проектор.

Завдяки тому, що телевізійне зображення може передаватися на необмежену кількість екранів, можливо подальше вдосконалювання телевізійних тренажерів для групового навчання. З метою моделювання дорожніх ситуацій і тренування водіїв можна створити таку систему, при якій один учасник управляє передавальною камерою, а кілька інших – моделями автомобілів, які рухаються по макету, що відкриває нові можливості у виробленні професійних навичок і психологічної готовності до дій в екстремальних умовах.

Досить широко поширені на даний час тренажери з кінопроектором. Добре поставлений у методичному відношенні фільм являє собою цінний засіб навчання і тренування, який має ряд переваг перед іншими способами візуалізації й практично задовольняє всі вимоги, які висуваються до автомобільних тренажерів. Він забезпечує створення умов руху, близьких до реальних умов. На відміну від стрічкових і тіньових тренажерів він дозволяє створювати аварійні ситуації за участю інших рухомих об'єктів.

За своєю конструкцією кінотренажер значно простіший за телевізійний, дозволяє мати великий екран, більш чітке зображення, дешевший і краще підходить у методичному плані, тому що полегшує уніфікацію навчального процесу. Однак при всіх своїх перевагах застосування фільму має й істотний недолік – одного разу знята обстановка зафіксована на плівці й не може бути змінена, тобто, не вдаючись до спеціальних прийомів, не можна реалізувати зворотний зв'язок, настільки необхідний при навчанні й тренуванні. У деяких конструкціях тренажерів вдаються до спроби введення зворотного зв'язку шляхом зміни швидкості стрічкопротягування при зміні положень педалей гальма й акселератора на макеті автомобіля, але це вносить помітне викривлення спостережуваної картини, тому що при

зниженні частоти кадрів, змінюється не тільки швидкість керованого макета автомобіля, але й усіх інших учасників руху – автомобілів і пішоходів, і тому даний метод навряд чи можна визнати доцільним при імітації всіх без виключення умов. Подолання цього органічного недоліку кінотренажерів є обов'язковим, тому що відсутність зв'язку між діями учня і характером руху керованого макета автомобіля зробить тренування малоефективними, крім того, воно виключає можливість відпрацьовування дій в аварійних ситуаціях, при наявності інших рухомих об'єктів. Спроби усунення цього недоліку вживали неодноразово в різних країнах, однак вони не дали відчутних результатів. Лише останнім часом була запропонована схема, здійснення якої дозволило подолати основні труднощі і отримати працездатну конструкцію: багатомісний тренажер, який містить у собі шість моделей автомобіля, де розташовуються учні, пульт майстра навчання, кінопроектор і кіноекран, кожен макет автомобіля являє собою модель робочого місця водія в кабіні вантажного автомобіля. Рама, на якій змонтовані перераховані механізми, установлена на поворотному колі й під дією рульового керування може повертатися навколо вертикальної осі вліво й вправо на кут до 30˚. На пульті майстра навчання змонтовані прилади для візуального контролю дій учня і є кермове колесо, за допомогою якого він повертає кінопроектор при поворотах дороги, змушуючи тим самим учнів брати активну участь у процесі керування.

Автотренажери із застосуванням ЕОМ поєднують в собі функції комп'ютерного автомобільного тренажера, за допомогою якого в починаючих водіїв швидко й надійно формуються правильні навички керування автомобілем, й апарата, призначеного для тестування рівня розвитку професійно значимих навичок у водіїв, що мають досвід керування автомобілем.

Однієї з функцій тренажера є «рух» по дорогах віртуального автодрому, що дозволяє успішно закріплювати сформовані навички в обстановці, досить близькій до реальності, успішність цього пов'язана з тим, що дії водіїв-початківців не сковує почуття страху зіткнення з нерухомими і рухомими об'єктами. «Водіння автомобіля» у віртуальному просторі дозволяє водіям вивчати прийоми екстреного маневрування, спрямовані на випереджальну стабілізацію курсової і поперечної стійкості автомобіля, що підвищують керованість в екстремальних умовах автошколи на першому етапі підготовки водіїв (25-30% від загального часу їздової підготовки), десятки й сотні разів побувати в складній для себе шляхово-транспортній ситуації, і знаходити оптимальні рішення виходу з неї. За допомогою цього автотренажеру можливо також робити корекцію невірного стилю водіння у водіїв, що мають значний стаж керування автомобілем, виправляти помилки, що впливають на безпеку. Крім вже висвітлених переваг таких автотренажерів вони мають економічний ефект - протягом календарного року дозволяє одержати економію фінансових коштів, достатню для придбання щорічно одного нового навчального автомобіля. Також суттєвою перевагою є те, що масове застосування тренажерної технології для навчання водіїв здатне кардинально поліпшити екологію в місті за рахунок зменшення забруднення повітряного середовища вихлопними газами двигунів, що працюють на нижчих передачах.

Найскладнішим та найдорожчим віртуальним автосимулятором у світі вважається National Advanced Driving Simulator (NADS). Цей автотренажер забезпечує передачу у режимі реального часу реальної динаміки, а водій не менш реально відчуває повний контроль над машиною в процесі маневрів, віртуальна реальність містить у собі практично все, що може зустрітися водієві на дорозі: візуальні вишуканості підкріплені гідним аудіосупровідом та скоординовані з повним діапазоном сенсорної бази даних. Але цей тренажер було створено не стільки для підготовки водіїв. Він являє собою інструмент, за допомогою якого досліджуються чинники безпеки на дорогах. Для медиків, у першу чергу, важливо розібратися з дією на водіїв алкоголю, наркотичних і інших препаратів. За допомогою NADS можна зрозуміти вплив нових ліків.

На основі комп'ютерних програм та ігор розроблені значно дешевші віртуальні автосимулятори, призначені як для теоретичної та практичної підготовки, так і для складання іспитів. Керування ними майже не відрізняється від керування реальним автомобілем: точні механізми і налаштування дозволяють залежно від обраної моделі змінювати характер керування машиною, налаштовувати тренажер на певний тип траси, регулювати систему

повернення керма. У найближчому майбутньому в конструкції мають з'явитися спеціальні електромотори, які будуть створювати ефект вібрації кузова (рами) і керма для більш повного відчуття руху.

Аналіз концептуальних підходів до розробки автомобільного тренажерного комплексу для підготовки водіїв. Управління сучасним автомобілем є достатньо складний процес взаємодії водія, автомобіля, дороги та середовища. Якість підготовки до застосування за призначенням всіх перелічених складових суттєво впливає на кінцеву мету управління - рух автомобіля.

В сучасних умовах з цієї схеми головним, без умовно, є водій. Підготовка автомобіля до руху напряму залежить від водія і в процесі руху його роль також визначальна, тому що в екстремальної ситуації технічне правильне управління автомобілем дозволяє уникнути аварії [4]. При цьому визначальною характеристикою водія є його надійність. Під надійністю водія розуміється властивість зберігати параметри функціонування в межах, які забезпечують безпеку руху на відповідних режимах руху і умов використання автомобіля [3]. До основних факторів, які визначають надійність водія належать його професійна придатність, підготовленість та працездатність, які є об'єктивними факторами.

Підготовленість водіїв визначається рівнем їх професійних знань і навичок, які вони набувають в процесі навчання та наступній професійній діяльності. Добра підготовка водіїв визначається наявністю широкого діапазону навичок, які забезпечують правильні та своєчасні дії в критичних дорожніх ситуаціях. Достатньо високий рівень піготовки дозволяє: максимально використовувати технічні можливості автомобіля і безпомилково, з мінімальними витратами сил управляти ним; вірно оцінювати та своєчасно передбачати можливі зміни дорожньої обстановки і попереджати виникнення аварійних ситуацій; управляти автомобілем на великих швидкостях, вночі, в тумані, при високої інтенсивності руху, в гірських та інших складних умовах.

Крім того, великий вплив на надійність водія мають суб'єктивні фактори, при одному і тому ж рівні підготовленості водій буде більш надійним в простих дорожніх умовах та менш надійним в складних. Таким чином, надійність водія є досить складним поняттям, яке формується під впливом великої чисельності як об'єктивних так і суб'єктивних факторів.

Про поліпшення професіональних навичок після тренажерної підготовки водіїв за допомогою автомобільних тренажерних комплексів було описано у статях [9; 11].

Існуюча система навчання водіїв в автошколах і на автотранспортних підприємствах грунтується на теоретичному вивченні конструкції автотранспортного засобу, правил дорожнього руху й одержанні практичних навичок їзди на навчальному автотранспортному засобі (АТЗ). До основних недоліків такої системи навчання належить те, що вона не дає навичок дій у нестандартних, аварійних і складних дорожніх умовах. Виходячи з цього, водій, потрапляючи в складні дорожні умови, як правило, губиться, діє неосмислено, що приводить до виникнення ДТП і нерідко до важких наслідків для водія й автотранспортного засобу. З метою усунення цих методичних недоліків підготовки водіїв розроблено комплексний автомобільний тренажер, що дозволяє проводити навчання не тільки у стандартних, але й у складних дорожніх і атмосферно-кліматичних умовах їзди, аварійних режимах.

Завдяки значному прогресу в області комп'ютерних технологій, з'являються можливості створити відносно дешеві комплексні автомобільні тренажери (КАТ), що дозволяють проводити навчання водіїв не тільки в простих, стандартних умовах їзди, але й в аварійних, складних дорожніх і атмосферно-кліматичних умовах (дощ, сніг, туман, ожеледь), у різний час доби (день, ніч, сутінки), при відмовах техніки (несправність гальм, двигуна і т.д.).

Висновки

Навчання й тренування слід розглядати як єдиний нерозривний процес. Разом з тим вони не є тотожними по своїх завданнях і методах: завдання навчання – головним чином оволодіння необхідними знаннями й оволодіння навичками, завдання тренування – закріплення й подальше вдосконалювання навичок.

Навички керування автомобілем повинні формуватися в такій послідовності: навчання на тренажерах, на автодромі (навчальному майданчику), на вулицях і дорогах.

©В.В.Біліченко, В.В.Рациборинський

Удосконалювання навичок і оволодіння майстерністю водіння автомобіля повинне досягатися в процесі тренувальних занять на автомобільних тренажерах (типу динамічного тренажера) і завершуватися на навчальних автомобілях.

Спеціальні дослідження [6;7] показали, що багато водіїв навіть із великим стажем роботи не володіють навичками у швидкому орієнтуванні, у швидких точних діях у критичних дорожніх ситуаціях, допускають помилки в прогнозуванні швидко змінюваної дорожньої обстановки й технічні погрішності при керування автомобілем на великих швидкостях в умовах дефіциту часу. З метою виправлення дефектів у техніці керування автомобілем удосконалювання майстерності водіння повинні бути використані методи тренування на автомобільних тренажерах.

На сьогодня не існує єдиної методики навчання й тренування для всіх типів тренажерів. Тому, крім загальних положень і принципів тренування, обов'язкових для будь-якого навчально-тренувального процесу, необхідно враховувати призначення тренажера, його конструктивні можливості і завдання тренування, що і покладено в основу класифікацій існуючи автотренажерів. Але всі вони, на жаль, разом з перевагами (різними для різних конструкцій) мають і недоліки, пов'язані з особливостями будови, передачі дорожньо-транспортних умов тощо.

Перспективи подальшого розвитку теоретичних та практичних аспектів сучасних тренажерних технологій. Безпека дорожнього руху і зниження аварійності на дорогах - світове завдання, в якому зацікавлена громадськість і уряд. Для запобігання дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) водій повинен помічати та розуміти любі зміни дорожньо-транспортної ситуації (ДТС) та миттєво реагувати на них, в той же час безпомилково. Водій, який не має достатнього навику виявлення небезпечних ДТС починає гальмувати значно пізніше. Автомобільним школам постійно доводиться удосконалювати методики викладання водіння, підвищити професіоналізм і безаварійність водіння. Майстерність водіння - комплекс навиків, що забезпечують ефективне використання безпеки руху і експлуатаційних якостей машини, оптимальні витрати її ресурсу за умови високої надійності роботи водія. Це необхідно враховувати при розробці автомобільного тренажерного комплексу.

Автомобільні тренажерні комплекси та їх складові частини призначені для: формування навичок користування органами керування автомобіля; навичок поведінки водія в екстремальних дорожньо-транспортних ситуаціях та в різноманітних умовах навколишнього середовища; вивчення правил дорожнього руху; вивчення будови автомобіля; контроль отриманих знань; відпрацювання елементів безпечного водіння автомобільної техніки; для перевірки рівня професійної підготовки водіїв, які є фахівцями автомобільної служби; якісної підготовки водіїв, механіків-водіїв та фахівців з відновлення автомобільної техніки у навчальних закладах [8;10].

Оцінка ефективності автомобільного тренажерного комплексу необхідна не тільки для фіксації співвідношення здійснених витрат та отриманих даних, але і для визначення форм та методів ефективної їхньої розробки та у наступному ефективної експлуатації. Це визначає, що знання формування ефективності автомобільного тренажерного комплексу необхідно не тільки економістам, які розраховують економічні показники що їх характеризують, але і конструкторам, а також фахівцям, які працюють з ними та обслуговують, з тим щоб використовувати нові підходи і рішення для подальшого підвищення ефективності застосування.

У відповідності з загальновідомим підходам до визначення економічної ефективності нової техніки результати її створення характеризуються економією, яку отримують у зразках, що оцінюється з урахуванням порівняння з іншим об'єктом. У зв'язку з цим важко оцінити економічну ефективність автомобільного тренажерного комплексу тому, що немає алгоритму визначення результатів у вигляді отримуваємої економії, а також у вірному співвідношенні цієї економії з призведеними витратами. Крім того також важко розрахувати різні витрати по часу та необхідність врахування динамічних залежностей економічних результатів від витрат для їх досягнення.

Все вищевикладене підтверджує гостру необхідність радикальних змін у технічній політиці щодо пріоритетів напрямів розвитку навчально-тренувальних засобів [1].

1. Голосай А. Основи керування автомобілем / А. Голосай. – К.: Арій, 2012. – С. 8-15.
2. Гринченко С. Создатели виртуальности. / С.Гринченко // Defense express – 2010 р. – С. 34-38.
3. Куперман А.Н. Безопасное управление автомобилем / А.Н. Куперман А.Н. - М.: Транспорт, 1989.
4. Лукошявиченс О.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий / О.В. Лукошявиченс - М.: Высшая школа, 1985.
5. Матвієвський О. Методичний підхід до обґрунту-вання характеристик тренажерних засобів і систем / О. Матвієвський // Наука і оборона – 2005. – С. 58-62.
6. Огарко К., Циганков Е. Екзаменує дорога / К. Огарко, Е. Циганков. – К.: Арій, 2009. – С.50-51.
7. Руснак І. Проблеми модернізації та створення тренажерно-моделювальних комплексів./ І.Руснак // Наука і оборона. – 2002 .– С. 32-34.
8. 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.
9. Сай І.В. Вплив рівня професійної підготовки водіїв на економічні показники експлуатації транспорту/ Сай І.В., Мовчан О.М., Стукота С.А. // Автошляховик України № 1, Київ, 2001.;
10. Тимовський А. Безпека дорожнього руху. / А. Тимовський. – К.: Арій, 2010. – С. 38-45.
11. Шапталенко М.І., Мазуренко В.І., Гайдаманчук С.П., Поляков А.П., Сай І.В. Вплив тренажерної підготовки на час реакції водія. - Київ: Труди академії № 33, інв. № 38223, 2002.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2014.

©В.В.Біліченко, В.В.Рациборинський

УДК 656.13.072

В.В.Біліченко, С.В.Цимбал, А.В.Мирниця
Вінницький національний технічний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПРЕСНОГО РЕЖИМУ РУХУ

В роботі описана ситуація, що панує на ринку міських пасажирських перевезень в теперішній час та основні причини, що призвели до цього. Вивчено організацію експресного режиму руху у міських пасажирських перевезеннях. Розроблено алгоритм застосування експресного режиму руху.

Ключові слова: *міські пасажирські перевезення, звичайний режим руху, експресний режим руху, міський транспорт, пасажиропотік, маршрут.*

В.В.Биличенко, С.В.Цымбал, А.В.Мирница

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПРЕССНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ

В работе описанная ситуация, которая господствует на рынке городских пассажирских перевозок в настоящее время и основные причины, которые привели к этому. Изучена организация экспрессного режима движения в городских пассажирских перевозках. Разработан алгоритм применения экспрессного режима движения.

V.Bilichenko, S.Tsymbal, A.Myrnytsya

PERFECTION OF CITY PASSENGER TRANSPORTATIONS BY APPLICATION OF EXPRESS MODE OF MOTION

In-process the described situation, that dominates at the market of municipal passenger transportations in present and principal reasons that resulted in it tense. Studying work of public transport, aiming to improve her on some indexes, it was marked, that defects that take place in-process public passenger transport, in this time result in considerable enough, in opinion of most competent specialists, unjustified charges material, financial and labour resources that unfavorably affect consequences of public production. The market of municipal autotransportations was captivated by private ferrymen, that does not have a corresponding technical base, does not provide necessary strength of transportations security and does not adhere to the requirements of normatively-legal acts. Organization of the express mode of motion is studied in municipal passenger transportations. The express mode of motion helps to carry out carrying passengers on the routes of the general use, foremost in the clock of "lances". The express mode of motion can be entered on operating routes next to the ordinary mode of motion, that the combined mode forms in totality, or on rights for independent routes. The algorithm of application of the express mode of motion is worked out. A basic idea of introduction of the express mode of motion on the routes of public passenger transport is an increase of efficiency of organization of transportations with providing of grant of the proper level of quality of service to the habitants of cities at the minimum expense of energy and resources. Rational application of the modes of motion will give an opportunity to the passenger to choose a that bus that him anymore arranges both on a cost and by the comfort of journey.

Постановка проблеми

Однією проблем індустріалізації суспільства є проблема перевезень населення, яка тісно пов'язана з економічними і соціальними аспектами розвитку суспільства, розселенням мешканців і містобудівними проблемами. Місто як система складається з таких об’єктів: місць проживання, об’єктів прикладання праці та культурно-побутових закладів. Всі ці об’єкти територіально розділені. Взаємозв’язок між ними виконує міський пасажирський транспорт. Задовольняючи потреби населення у перевезеннях, міський пасажирський транспорт впливає на рівень продуктивності праці й побутового обслуговування, розвиток культури та дозвілля. За обсягом перевезень провідне місце у містах займає автомобільний транспорт, який у найбільших і великих містах працює в єдиній системі декількох видів пасажирського транспорту, а в інших містах – є єдиним видом громадського транспорту. Міський транспорт забезпечує регулярний транспортний зв’язок на всій території, що сприяє об’єднанню всіх районів у єдину міську мережу.

На рівень потреби населення в перевезеннях безпосередньо впливає міська інфраструктура, яка в першу чергу визначається розселенням жителів міста, його архітектурно-планувальними особливостями. Отже системи міського пасажирського транспорту є динамічними і являють собою сукупність складних, керованих, багатогалузевих,

©В.В.Біліченко, С.В.Цимбал, А.В.Мирниця

взаємозв'язаних та взаємодіючих між собою елементів. Крім того попит на перевезення формується під впливом систем виробництва і споживання. Залежно від взаємного розташування пасажироутворюючих і пасажиропоглинаючих пунктів згаданих систем виникає направлений рух пасажирів, які їдуть у певному напрямку протягом певного проміжку часу [1].

З розвитком міських перевезень змінювалися і критерії їхньої ефективності. Вивчаючи роботу міського транспорту, прагнучи поліпшити її за якими-небудь показниками, було відмічено, що недоліки, які мають місце у роботі міського пасажирського транспорту, у даний час призводять до досить значних, на думку більшості компетентних фахівців, невиправданих витрат матеріальних, фінансових і трудових ресурсів, що несприятливо позначаються на наслідках суспільного виробництва.

Організаційні рішення з підвищення ефективності роботи міського пасажирського транспорту ефективні з економічної точки зору, далеко не завжди є найкращими в плані соціальному, тобто подекуди прагнення до досягнення високої економічної ефективності роботи пасажирського транспорту може призвести до таких негативних соціальних результатів, як зменшення вільного часу населення, зниження якості перевезень, погіршення екологічної ситуації і т.д. Причиною цього в деякій мірі є існуюча система оцінки діяльності підприємств пасажирського транспорту, що в більшій мірі спрямована на досягнення кращих результатів економічної діяльності підприємств, а якісні характеристики обслуговування населення відсуваються на другий план. За цих умов актуальне значення має проблема вивчення соціально-економічної ефективності пасажирських перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

З переходом на ринкові відносини в Україні, який супроводжувався перебудовою системи господарювання та економічною кризою, спостерігалася руйнація системи міського пасажирського транспорту [2]. Недостатність коштів на її утримання викликала постійне зменшення випуску рухомого складу електротранспорту і поступове закриття маршрутів. Звільнений сегмент ринку поступово заповнювався автобусами й легковими автомобілями. Підвищувалась інтенсивність руху, частішали затори на вулично-дорожній мережі, зменшувалась швидкість переміщення в містах.

Особливо сильні деградаційні процеси відбувалися на підприємствах автомобільного транспорту, які на початок перебудови були збитковими і не належали до підприємств комунальної власності. Деградацію автобусних підприємств посилило спочатку акціонування транспортних підприємств, а потім непродумана податкова політика щодо до підприємств міського пасажирського транспорту, що спонукала їх розукрупнення і розпродаж основних фондів [3-5].

Ринок міських автоперевезень заполонили приватні перевізники, які не мають відповідної технічної бази, не забезпечують необхідний рівень безпеки перевезень і не дотримуються вимог нормативно-правових актів, але мають пільгове оподаткування по відношенню до юридичних осіб [5]. Тільки через непродуману податкову політику бюджет країни щорічно недоотримає великі кошти [6]. Крім цього, значний сектор ринку перевезень захопили нелегальні перевізники, спостерігається самовільне підвищення тарифів, порушення режиму праці й відпочинку водіїв, необґрунтована заміна на маршрутах автобусів більшої місткості на меншу [7-8].

Отже сучасним міським автобусним перевезення притаманні: стихійне формування мережі маршрутів, велика конкуренція, низька якість перевезень, втрата надходжень до бюджету й висока потенційна загроза здоров'ю пасажирів. Крім вказаних негативних тенденцій спостерігається розходження в цілях учасників ринку автобусних перевезень. Перевізники прагнуть одержати максимальний прибуток за період роботи, мешканці міст – здійснити переміщення у прийнятних умовах, а місцеві адміністрації – створити нові місця, наповнити місто рухомим складом і збільшити надходження до бюджету. Тому проблеми підвищення рівня транспортного обслуговування населення і автомобілізації розглядають як другорядні. Отже у взаємовідносинах сторін ринку перевезень у процесі зміни соціально-економічних умов в країні виникли істотні суперечності, що призвели до системної кризи міських пасажирських перевезень.

Метою даної роботи є розгляд шляхів вирішення проблем міських пасажирських перевезень на маршрутах загального користування в звичайному режимі та в експресному режимі руху.

Основні результати дослідження

Зростання обсягів перевезень пасажирів зумовило необхідність залучення додаткової кількості автобусів для обслуговування маршрутів загального користування та надання послуг підприємствам, установам, організаціям і громадянам за їхніми замовленнями. В той же час розвиток пасажирського автомобільного транспорту ще не набув системного характеру, а інвестиції, головним чином приватні, вкладаються в оновлення транспортних засобів, які за місткістю не відповідають інтенсивності пасажиропотоків на маршрутах, але забезпечують швидку окупність коштів, вкладених в основні фонди.

Різні режими руху на одному маршруті можуть бути застосовані внаслідок технологічних особливостей тільки на автомобільному транспорті. Винятком є поодинокі спроби використання автомобільних технологій перевезень тролейбусами. На пасажирському транспорті розрізняють три основні режими руху між зупиночними пунктами: звичайний, експресний і маршрутне таксі.

Через це відбулося насичення транспортної мережі автобусами особливо малої місткості, що працюють у режимі маршрутного таксі і, як наслідок, до зростання експлуатаційних витрат, неекономного витрачання паливних матеріалів, погіршення безпеки перевезень і загострення транспортної ситуації на дорогах. Якщо, наприклад, на міському маршруті у часи «пік» один автобус може перевезти 100 пасажирів, витративши 28,5 л палива на 100 км пробігу, то для перевезення такої ж кількості пасажирів знадобиться 6 маршрутних таксі, а витрати палива становитимуть 70 літрів.

У структурі парку пасажирських транспортних засобів для міських і приміських маршрутів основного виду перевезень зі звичайним режимом руху, повинні використовуватися автобуси з широкими проходами між сидіннями та накопичувальними площадками для пасажирів, а їхні місткість і кількість на маршруті визначатися з урахуванням державних соціальних нормативів у сфері транспортного обслуговування населення, якими встановлено, що в автобусі на кожному квадратному метрі вільної від сидінь площі підлоги повинно перевозитися не більше п'яти, а в перспективі, трьох пасажирів. Пасажирський перевізник, з яким укладається договір за результатами конкурсу, повинен застосовувати на маршруті автобуси, що відповідають затвердженій структурі парку, або гарантувати оновлення автобусів протягом встановленого замовником перевезень терміну.

Міський пасажиропотік звичайно має велику нерівномірність по сезонам, дням тижня, годинами доби та напрямів. Пасажиропотоки також нерівномірні в різні години і по направленням на кожному маршруті. Нерівномірність пасажиропотоків характеризується коефіцієнтом нерівномірності $\eta_м$,

$$\eta_м = \frac{P_{макс}}{P_{ср}}, \qquad (1)$$

де $P_{макс}$ – максимальний пасажиропотік; $P_{ср}$ – середній пасажиропотік.

Для великих міст $\eta_м$ приблизно дорівнює: за місяцями року – 1,1...1,2; за днями тижня – 1,15... 1,2; за годинами доби – 1,5...2,0; за направленням – 1,2... 1,5.

В основному виді перевезення здійснюються у звичайному, а в додатковому — у режимах маршрутного таксі та (чи) експресного руху автобусів. Порівняно із звичайним режимом, автобуси в експресному та маршрутного таксі режимах руху надають пасажирам послуги підвищеного комфорту: місця для сидіння, зупинка автобуса на вимогу, скорочення часу поїздки.

Звичайний режим припускає, що рухомий склад зупиняється на всіх зупинках маршруту. При експресному режимі руху транспортні засоби зупиняються на деяких зупинках маршруту. Відмінною особливістю маршрутного таксі є рух із зупинками, які не визначені паспортом маршруту, за винятком кінцевих, а виконувані за бажанням пасажирів і обов'язковою вимогою: у транспортному засобі повинні використовуватися тільки місця для сидіння.

Експресний режим руху допомагає здійснювати перевезення пасажирів на маршрутах загального користування, перш за все в часи «пік». Експресний режим руху може бути введений на діючих маршрутах поряд зі звичайним режимом руху, що в сукупності утворює комбінований режим, або на правах самостійних маршрутів. Установлення режимів руху на маршруті зводиться до ухвалення рішення про необхідність використання комбінованого режиму руху і визначення його виду. Завдання визначення комбінованого режиму руху є завданням пошуку на маршруті ділянок з такими пасажиропотоками, що виправдують з точки зору ефективності перевезень установлення на цих ділянках різних способів реалізації сполучення. Основна ідея впровадження експресного режиму руху на маршрутах міського пасажирського транспорту – підвищення ефективності організації перевезень із забезпеченням надання належного рівня якості обслуговування жителям міст при мінімальній витраті енергії та ресурсів. На основі узагальнення результатів досліджень вітчизняних і закордонних науковців розробку пропозицій з удосконалення організації перевезень на міських маршрутах пропонується здійснювати за алгоритмом з переліком завдань, представлених на рис. 1.

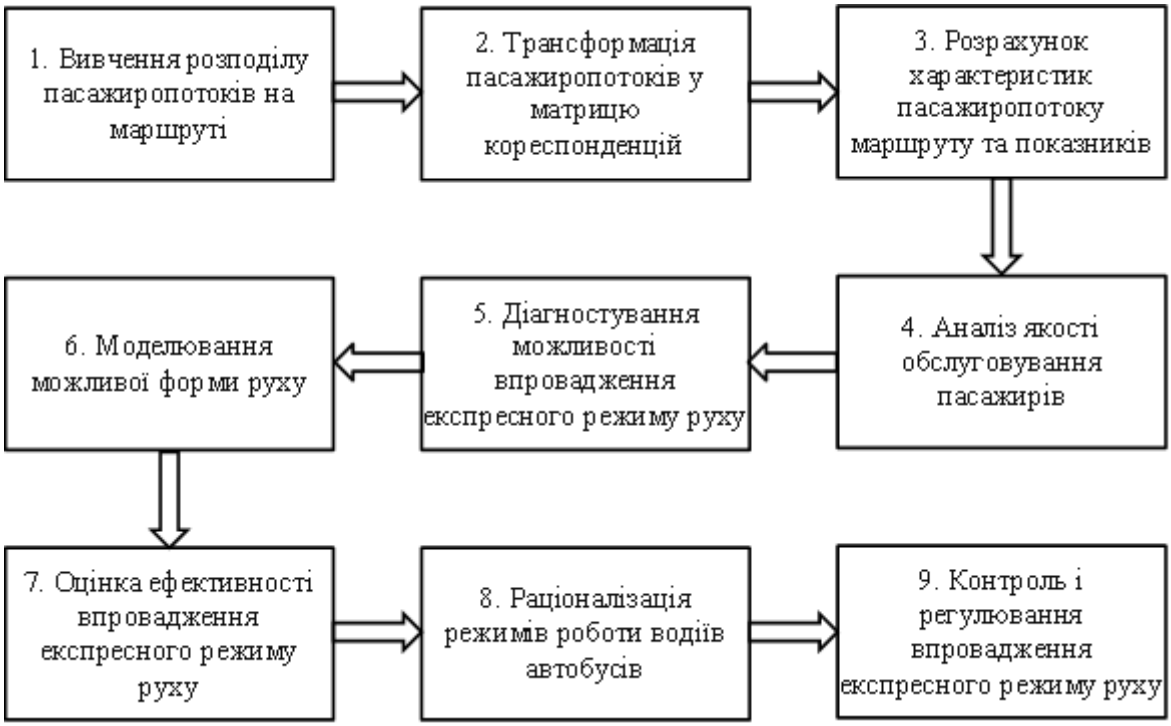


Рис. 1. **Алгоритм удосконалення перевезень на міських маршрутах**

Основу організації на міських маршрутах складають попит на перевезення і перевізні можливості транспорту. Отже для підвищення ефективності пасажирських перевезень необхідно мати інформацію про місця відправлення і прибуття та обсяги переміщення пасажирів протягом доби, наявність транспорту та умов перевезень тощо.

Попит на перевезення вивчається за регламентованими методиками. Вони дозволяють визначити реальний пасажиропотік на маршрутах на основі повного або вибіркового обстеження (блок 1). Вибір методики визначається розробником залежно від комплексу завдань, які вирішуються, точності розрахунків і наявних коштів. Тому основа розрахунків – матриця маршрутних кореспонденцій формується безпосередньо за результатами обстеження. Результатом цього етапу є прогнозовані обсяги пасажирських кореспонденцій (блок 2).

Основою для організації перевезень на маршруті є характеристики пасажиропотоку та траси маршруту, а також техніко-економічні показники роботи транспорту. Для їх визначення використовують методики (блок 3). На основі цих характеристик розраховують рівень обслуговування населення та ефективність роботи транспорту (блок 4).

Результати аналізу є основою для відбору маршрутів, організація роботи на яких потребує удосконалення. Для виконання цієї процедури доцільно використати методику (блок 5).

Розрахунок комбінованих режимів руху складно піддається аналітичному вирішенню через складну взаємну залежність факторів. Тому єдиним способом, що забезпечує одержання достовірного результату, є математичне моделювання. Залежно від можливості впровадження експресного режиму руху встановлюється режим роботи моделі та виконується оптимізація параметрів (блок 6). Поряд з цим при оптимізації перевезень можна використовувати не тільки кількість транспортних засобів, які працюють на різних режимах руху, але й тариф на перевезення.

Розрахунок ефективності експресного режиму руху забезпечує (блок 7). Для прийнятного варіанта організації перевезень розраховують графік руху і визначають режими роботи транспортних засобів за методиками (блок 8).

Організація впровадження розроблених заходів є заключним етапом методики удосконалення перевезень на міських маршрутах (блок 9). ЇЇ особливістю є відстеження динаміки розвитку маршруту і на цій основі прогнозування результатів впровадження та управління періодом часу виходу на номінальний режим роботи.

Висновки

В статті розглянуті можливі шляхи вирішення проблеми, яка мають місце при здійсненні міських пасажирських перевезень, враховані в законодавчих і нормативно-правових актах стосовно автомобільного транспорту, що сприятиме подальшій стабілізації перевезень. Проведена оцінка ефективності організації експресних маршрутів міського автомобільного транспорту дозволяє мінімізувати сумарні витрати суспільства при визначених витратах транспортних підприємств на перевізний процес.

Запропонований алгоритм оцінки ефективності експресного режиму руху на маршруті у вигляді моделі з двома одночасними режимами руху транспортних засобів, один з яких звичайний, дозволяє встановити загальні закономірності, притаманні комбінованому режиму руху, й визначити раціональне застосування його видів з урахуванням соціально-економічних наслідків транспортного процесу.

1. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И.В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
2. Ігнатенко О.С. Організація автобусних перевезень у містах / О.С. Ігнатенко, В.С. Маруних. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.
3. Итоговая коллегия Минтранса Украины // Автотранспорт и перевозки.– 2004.- № 5. - С. 4.
4. Зильбербрандт Ю. Когда реформы убывают // Автотранспорт и перевозки / Ю. Зильбербрандт. – 2004. - № 10. – С. 31-40.
5. Король С. Выступление на всеукраинском совещании автоперевозчиков // Автотранспорт и перевозки / С. Король. – 2004. - № 11. – С. 30-33.
6. Рева В. Выступление на всеукраинском совещании автоперевозчиков // Автотранспорт и перевозки / В. Рева. – 2004. - № 11. – С. 34-35.
7. Рева В. Отчетный доклад президента ВААП // Автотранспорт и перевозки / В. Рева. – 2004. - № 1. – С. 30-34.
8. Дмитрієв О.М. Міські перевезення – сучасний етап розвитку // Вісник транспортної академії України і Українського транспортного університету / О.М. Дмитрієв. – К.: РВВ УТУ, 1999. - № 3. – С.127-134.
9. Шабарова Э.В. Пассажирский транспорт крупнейших городов / Э.В. Шабарова. – Рига: Знание, 1998. – 139 с.
10. Шабарова Э.В. Система пассажирского транспорта города и агломерации: системный анализ и проектирование / Э.В. Шабарова. – Рига: Знание, 1981. – 280 с.
11. Гульчак О.Д. Исследование скоростных и топливных свойств городских автобусов // Автотранспорт и перевозки / О.Д. Гульчак. 2004. - №17. – С. 31-34.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2014.

©В.В.Біліченко, С.В.Цимбал, А.В.Мирниця

УДК 656.014

І.С.Бугайов, О.М.Єрмак
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ПУНКТІВ ТЯЖІННЯ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ

В статті розглянуті питання особливостей пунктів зародження і поглинання пішохідних потоків на прикладі спального мікрорайону міста Харкова. Приведені основні результати статистичного аналізу генерації і поглинання пішохідних потоків в пунктах їх тяжіння, які розглядаються як основа для розробки моделі пішохідних кореспонденцій.

Ключові слова: *пішохід, пішохідний рух, пункт пішохідного тяжіння, пішохідна доступність*.
Рис 8. Форм 1. Літ 10.

И.С.Бугаев, Е.М.Ермак

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУНКТОВ ТЯГОТЕНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

В статье рассмотрены вопросы особенностей пунктов зарождения и поглощения пешеходных потоков на примере спального микрорайона города Харькова. Приведены основные результаты статистического анализа генерации и поглощения пешеходных потоков в пунктах их тяготения, которые рассматриваются как основа для разработки модели пешеходных корреспонденций.

Ключевые слова: *пешеход, пешеходное движение, пункт пешеходного тяготения, пешеходная доступность*.

TOWARDS THE QUESTION OF POINTS OF PEDESTRIAN FLOW GRAVITY

The issues of features of origin and absorption points of pedestrian flows evidence from sleeping microdistrict of the Kharkov city considered in the article. Quoted the main results of the statistical analysis of generation and absorption of pedestrian flows at points of their gravity, which are considered as the basis for developing a model of pedestrian correspondences.

Keywords*: pedestrian, pedestrian flow, point of pedestrian gravity, pedestrian connectivity.*

Постановка проблеми

Пересування населення пов’язані з їх виробничими або культурно-побутовими потребами, які здійснюються пішки, громадським або індивідуальним транспортом. В своїй більшості пересування людей є регулярними в часі і мають відносну просторово-часову стійкість.

Пересування людей в місті можна поділити на пересування всередині приміщень, тобто по внутрішнім комунікаціям і пересування поза приміщеннями, тобто по зовнішнім комунікаційним шляхам. Пересуваннями всередині приміщень займаються при проектуванні будинків і споруд для розрахунку часу евакуації, геометричних характеристик комунікаційних шляхів [6,10].

З точки зору функціонування транспортних систем міст, необхідно приділяти увагу зовнішнім пересуванням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Пішохідний рух є найпоширенішим видом пересування людей у містах, а також невід'ємною складовою (до 30 %) загального часу на пересування [7,9].

Класифікація за видами пішохідного руху виконується за такими ознаками [1]:

- кількість учасників руху;
- напрямок руху потоку;
- структура потоку;
- тривалість процесу руху;
- умови, в яких здійснюється рух (нормальне, аварійне).

З урахуванням перерахованих вище ознак, на рис. 1-2 наведено класифікації пішохідного руху.

©І.С.Бугайов, О.В.Єрмак



Рис. 1. **Вітчизняна класифікація пішохідного руху**

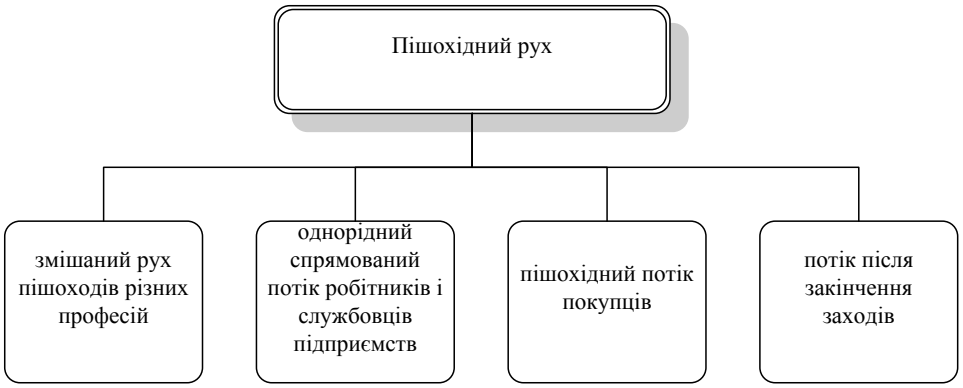


Рис. 2. **Зарубіжна класифікація пішохідного руху**

При порівнянні вище перелічених класифікацій, можна відзначити, що вони схожі між собою, однак вітчизняна класифікація більш широка, оскільки охоплює аварійні умови. В рамках досліджень не передбачається розгляд аварійних ситуацій, то зарубіжна класифікація є більш прийнятною для розгляду пішохідного руху в звичайних умовах.

Залежно від призначення, пішохідні пересування розділяють на трудові та культурно-побутові. До трудових відносяться пересування, що формуються на шляхах, які ведуть до підприємств і установ, пунктів тяжіння. Трудові пересування характеризуються однорідністю і спрямованістю. Рух поточний, масовий, який протікає в нормальних умовах. До трудових пересувань відносяться також пересування на навчання студентів і школярів.

Рух людських потоків з культурно-побутовими цілями характеризується неоднорідністю потоку за складом учасників руху і спрямованістю. Культурно-побутові пересування можуть бути як зустрічні і тривалі (потоки покупців), так і односторонні в порівняно короткий проміжок часу (рух людських потоків після закінчення заходів).

Пішохідні потоки направляються до об'єктів пішохідного тяжіння - місць утворення і поглинання пішохідних кореспонденцій, а саме: житлових будинків, зупинок громадського транспорту, автостоянок, організацій та установ, об'єктів культурно-побутового обслуговування населення, тощо.

За характером генерації пішохідних потоків, будівлі та споруди поділяють на наступні групи [1,5]:

- видовищні, характер руху пішохідних потоків епізодичний або циклічний;
- торгові, комунально-побутового обслуговування тощо, характер руху пішохідних потоків безперервний в перебігу робочого дня, із збільшенням обсягу в вечірній час «пік »;
- виробничі, адміністративні, навчальні, житлові, рух пішохідних потоків характеризується яскраво вираженими ранковими і вечірніми «піковими» періодами;

- пасажирського транспорту, характер руху пішохідних потоків відповідає режиму роботи транспорту і залежить від прилеглої забудови.

Для об'єктів пішохідного тяжіння однією з основних характеристик є показник транспортно-пішохідної доступності. Розміщення об'єктів соціально-побутового характеру виконують виходячи з нормативів [1,3]: для закладів і підприємств, які проводять обслуговування населення повсякденного характеру – 150-500 м (2-6 хв.), періодичного характеру – 500-1000 м (8-15 хв.), епізодичного характеру – більше 1500 м (більше 20 хв.).

Згідно [3], радіус пішохідної доступності зупинок громадського транспорту становить 500 м. В [8] автором пропонується методика визначення радіуса пішохідної доступності зупинок громадського транспорту у великих, крупних і крупніших містах, яка враховує непрямолінійність пішохідних шляхів, кількість маршрутів міського пасажирського транспорту (МПТ) та інтервал їх руху. Таким чином, автор в даній роботі доводить вплив кількості маршрутів і середнього мережевого інтервалу руху транспорту на пішохідну доступність зупинок громадського транспорту.

Пішохідна доступність магазину - встановлена відстань від магазина до центру житлової забудови, що забезпечує раціональне розміщення роздрібної торговельної мережі [2]. На практиці виділяють три торгові зони, які визначають за принципом доступності покупців: ближня (10-12 хвилин пішохідної доступності), середня (12-20 хвилин пішохідної доступності) і дальня (більше 20 хвилин) [4]. Згідно ж будівельним нормативам [3], для підприємств торгівлі, громадського харчування та побутового обслуговування, радіус пішохідної доступності становить 500 м (6 хв. при швидкості пішохода 5 км/год.) при багатоповерховій забудові.

Невирішені раніше частини загальної проблеми

В [1,5] наведено залежності добової генеруючої спроможності пішохідних потоків будинків і споруд, які залежать від їх техніко-експлуатаційних характеристик. Ці залежності досить просторові, не уточнювались за останні роки. В основному, вони направлені для розрахунку евакуаційних шляхів і пішохідних зон біля споруд.

Мета дослідження

Дослідження генерації і поглинання пішохідних потоків в пунктах їх тяжіння.

Основні результати дослідження

Основні дослідження пішохідних потоків в рамках даної роботи спрямовані на виявлення закономірностей їх формування та поглинання. В якості об'єкту дослідження обрано 522-й мікрорайон Салтівського житлового масиву міста Харкова (рис. 3).

Мікрорайон обмежено вул. Блюхера, вул. Академіка Павлова, вул. Героїв Праці і вул. Барабашова. Це магістральні вулиці загальноміського і районного значення, по яких проходять маршрути міського пасажирського транспорту. Також в районі дослідження знаходяться дві станції метро – «Студентська» і «Героїв Праці». Забудова району дослідження знаходиться в радіусі пішохідної доступності зупинок МПТ.

В межах району дослідження визначено 101 об'єкт пішохідного тяжіння, серед яких 53 житлові будинки, 9 навчальних закладів, 5 магазинів продовольчих і непродовольчих товарів площею понад 30 м^2, 4 об'єкти для зберігання автотранспорту загальною місткістю близько 400 машино-місць. Також до особливостей можна віднести наявність на межі району вищих навчальних закладів: Національний фармацевтичний університет і Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, до яких відбувається транзитний, переважно пішохідний, рух від ст. м. «Студентська».

При аналізі житлової забудови визначено, що переважають дванадцятиповерхові будівлі. Для проведення дослідження було обрано два 12-поверхових будинки по 4 під'їзди кожен, які знаходяться на відстані 600 м і 1000 м від ст. м. «Студентська». В рамках проведення обстеження фіксувалась кількість людей, що входять і виходять до будинку з розбиттям на 5-ти хвилинні інтервали. Обстеження проводились в будні, ранкові години. На рис. 4, 5 наведено результати обстеження для будинків, що знаходяться на відстані 600 м і 1000 м від ст. м. «Студентська» відповідно.

©І.С.Бугайов, О.В.Єрмак

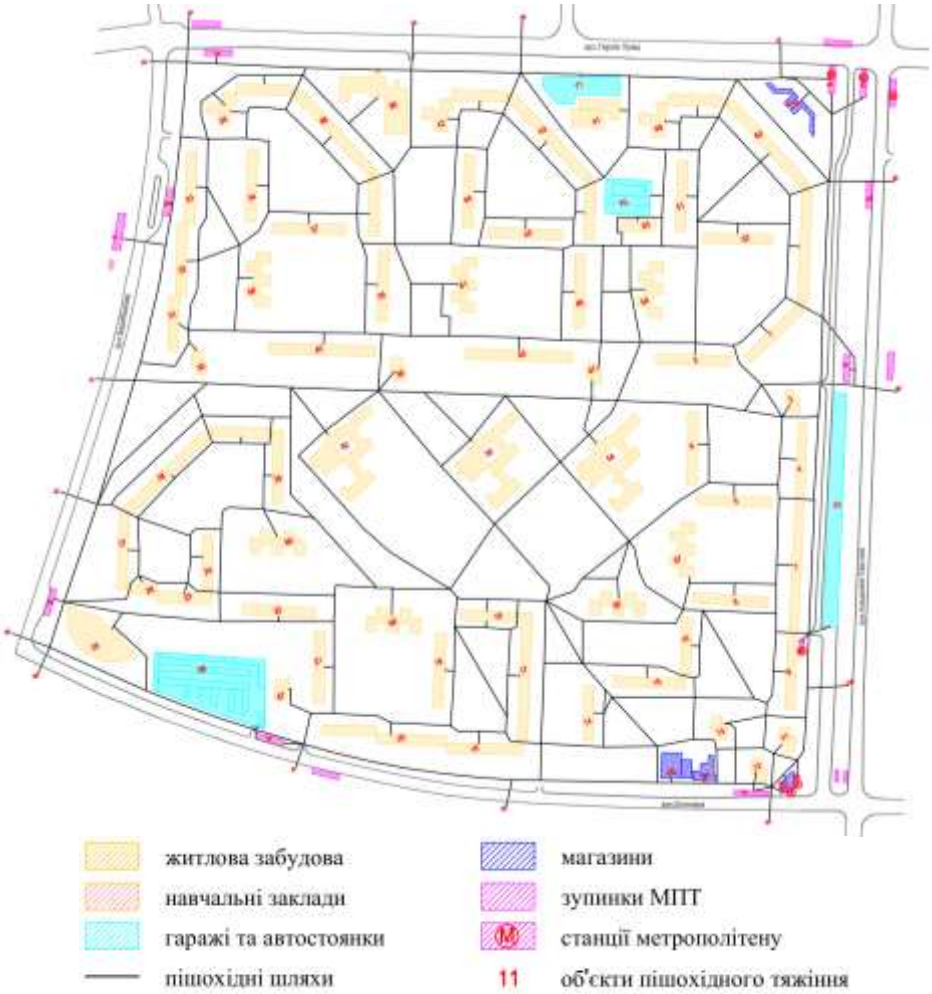


Рис. 3. **Об’єкт дослідження**

Аналіз натурних досліджень показав, що будинок, який знаходиться ближче до станції метрополітену, має більш виразний «піковий» період на вихід людей порівняно з дальнім будинком, у якого «піковий» період починається раніше і характеризується більш розтягнутим у часі.

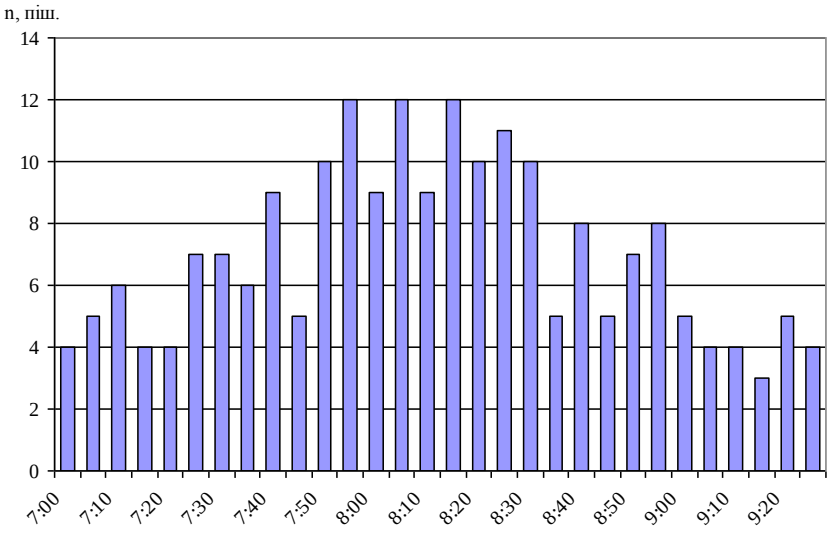


Рис. 4. **Будинок на відстані 600 м ст. м. «Студентська»**

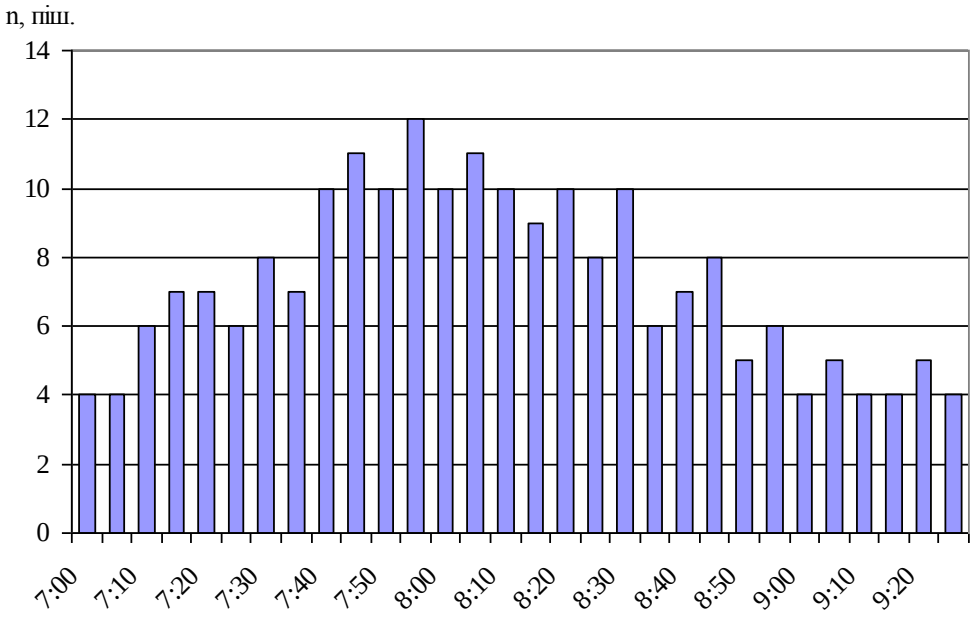


Рис. 5. **Будинок на відстані 1000 м ст. м. «Студентська»**

Обробка експериментальних даних кількості людей, що виходять з житлових будинків показала, що найприйнятнішою є апроксимація розподілом «хі-квадрат». Розподіл випадкової величини задається щільністю вірогідності, що має вигляд:

$$f_{\chi^2(m)}(x) = \frac{1}{2^{\frac{m}{2}}\Gamma\left(\frac{m}{2}\right)} x^{\frac{m}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}},\ x > 0, \qquad (1)$$

Отримані результати обстеження генерації пішоходів з житлових будинків оброблені в статистичному програмному забезпеченні, графічна ілюстрація розподілу кількості пішоходів, що виходять з будинків, представлена на рис. 6.

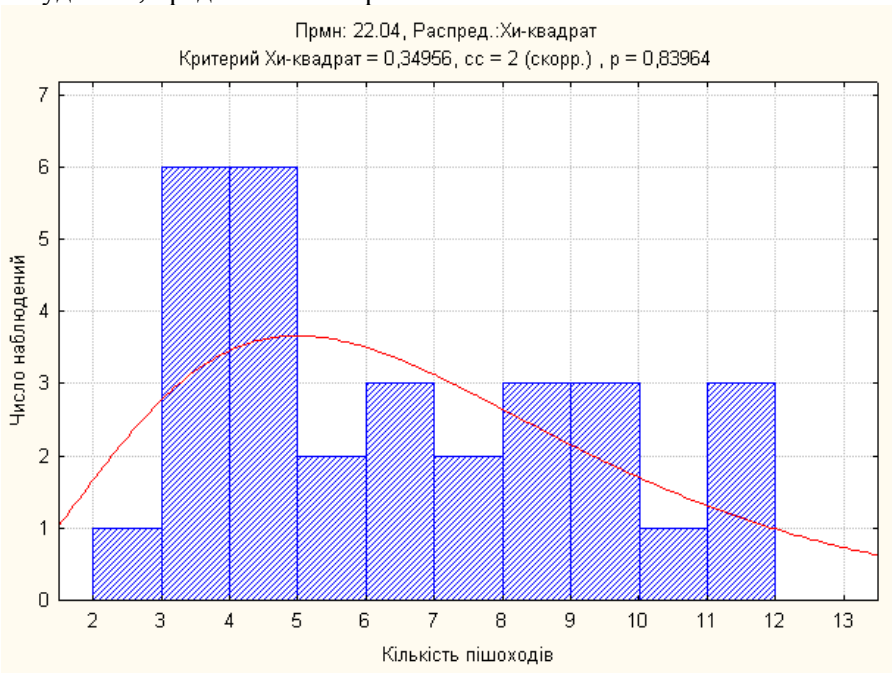


Рис. 6. **Розподіл кількості пішоходів, що виходять з житлових будинків**

За побудованим графіком і результатам проведених тестів можливо стверджувати, що гіпотеза описання розподілу кількості пішоходів, що виходять з будинків за допомогою розподілу «хі-квадрат» не спростовується.

Основними пересуваннями людей в ранкові години «пік» являються пересування з дому на роботу. Рух від дому до зупинок громадського транспорту здійснюється пішки. Тож наступним етапом стало проведено дослідження входу-виходу людей до ст. м. «Студентська» (пункт 84, рис. 3). На рис. 7-8 наведено розподіл кількості людей що входять і виходять до одного з виходів.

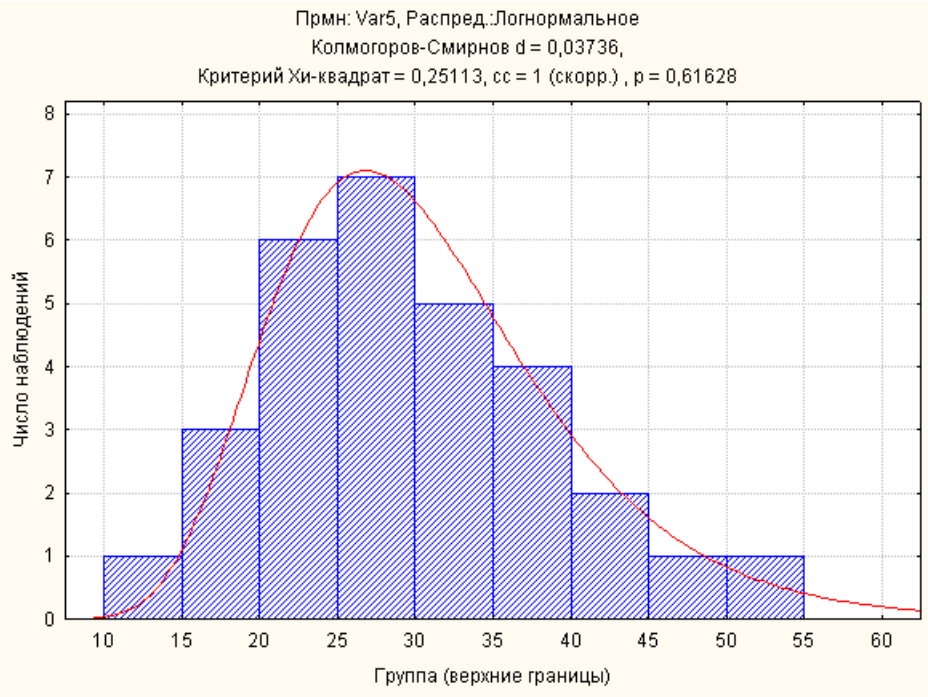


Рис. 7. **Розподіл кількості пішоходів, що входять до ст. м. «Студентська»**

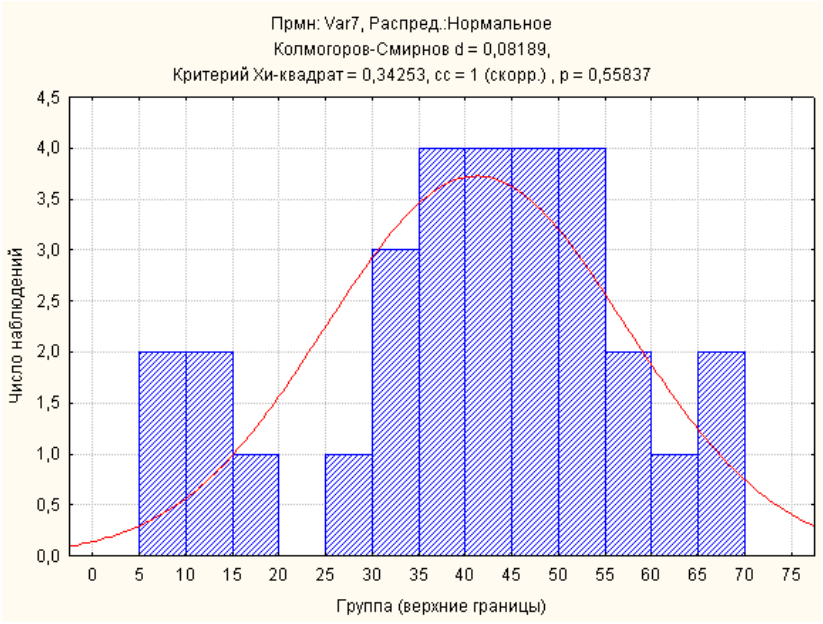


Рис. 8. **Розподіл кількості пішоходів, що виходять з ст. м. «Студентська»**

За побудованими графікам і результатам проведених тестів можливо стверджувати, що гіпотеза описання розподілу кількості пішоходів, що входять до станції метрополітену за допомогою логнормального розподілу не спростовується, а також нормального розподілу для пішоходів, що виходять.

Висновки

При проведенні досліджень виявлено, що в спальному мікрорайоні в ранкові години «пік» переважає змішаний рух пішоходів різних професій згідно класифікації видів пішохідного руху – це трудові пересування. Виявлено, що віддаленість зупинок міського пасажирського транспорту впливає на початок «пікового» періоду виходу людей з житлових будинків.

Аналіз розподілу кількості пішоходів, що виходять з житлових будинків показав, що найбільш відповідним теоретичним законом, що описує їх коливання, виявився розподіл «хі-квадрат», а пішоходів, що входять і виходять до станції метрополітену – логнормальний і нормальний відповідно. Наступним етапом дослідження повинно стати визначення закономірностей генерації і поглинання пішохідних потоків об'єктів культурно-побутового значення, навчальних закладів і зупинок наземного МПТ. Дані дослідження послужать основою для розробки моделі пішохідних кореспонденцій.

1. Буга П. Г. Организация пешеходного движения в городах: учеб. пособие для вузов / П. Г. Буга, Ю. Д. Шелков. – М.: Высш. школа, 1980. – 232 с.
2. ГОСТ Р 51303-99. Государственный стандарт Российской Федерации. Торговля. Термины и определения" (утв. Постановлением Госстандарта России от 11.08.1999 N 242-ст).
3. ДБН 360-92** Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. Введ. 19.03.2002. – К.: Держбуд України, 2002. – 122 с.
4. Канаян К. Проектирование магазинов и торговых центров. / К. Канаян, Р. Канаян, А. Канаян. – М.: Юнион-Стандарт Консалтинг, 2005. – 424 с.
5. Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения. – М.: ВНИИБДД МВД СССР, 1977. – 56 с.
6. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Стройиздат, 1979. - 375 с, ил. - В надзаг.: Моск. инж.-строит. ин-т им. В. В. Куйбышева.
7. Российский статистический ежегодник 1994: Статистический сб. / Госкомитет России. М., 1994. 799 с.
8. Свердлин Л.И. Пешеходная доступность остановок общественного транспорта. Методический аспект // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния / Материалы X международной (тринадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции, 14-15 июня 2004 г. Режим доступу: http://waksman.ru/Russian/Economics/Sverdl_04.htm.
9. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов: учеб. пособие / Э. А. Сафронов. – М.: Издательство АСБ, 2005. – 272 с.
10. Helbing D., Farkas I. and Vicsek T. Simulating dynamical features of escape panic. // Nature 407, 2000, p. 487-490.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014.

©І.С.Бугайов, О.В.Єрмак

УДК 629.113

Л.Д.Величко, О.С.Петрученко, А.О.Дзюба
Академія сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДПРУЖИНЕННЯ НА КОЛИВАННЯ ВСТАНОВЛЕНИХ НА ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ОБ'ЄКТІВ

Розглядається вплив системи підресорювання та спеціального амортизаційного пристрою на коливальні процеси, які виникають у наслідок руху транспортного засобу (ТЗ) пересіченою місцевістю. Отримано систему диференціальних рівнянь другого порядку, які описують рух вказаної механічної системи. За фізично обґрунтованих припущень, встановлено характеристики підвіски та спеціального амортизаційного пристрою для підпружинення вантажу встановленого на корпусі ТЗ.

Ключові слова: *підвіска, коливання підресореної частини, плавність руху, система підпружинення.*
Рис 2. Форм 25. Літ 4

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДПРУЖИНЕНИЯ НА КОЛЕБАНИЯ УСТАНОВЛЕННЫХ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА ОБЪЕКТОВ

Рассматривается влияние системы подрессоривания и специального амортизационного устройства на колебательные процессы, возникающие вследствие движения транспортного средства (ТС) по пересеченной местности. Получена система дифференциальных уравнений второго порядка, описывающих движение указанной механической системы. По физически обоснованным предположениям, установлено характеристики подвески и специального амортизационного устройства подпружиненного груза, установленного на корпусе ТС.

Ключевые слова: *подвеска, колебания подрессоренной части, плавность движения, система подпружинения.*

ASSESSING THE IMPACT OF CHARACTERISTICS PIDPRUZHYNENNYA FLUCTUATIONS INSTALLED ON VEHICLES OBJECTS

The impact of the depreciation of suspension and special device for oscillatory processes that occur as a result of the vehicle (TV) rough terrain. The system of second order differential equations that describe the movement of specified mechanical system. For physically reasonable assumptions , set the suspension characteristics and special depreciation pidpruzhynennya device for load mounted on the vehicle chassis.

Keywords: *suspension, fluctuations sprung parts, smooth movement, pidpruzhynennya system.*

Актуальність досліджень та огляд основних результатів.

У деяких галузях виробничої діяльності виникає потреба перевезення віброчутливого вантажу на ТЗ по дорожньому покриттю складного профілю чи бездоріжжю. Внаслідок цього може виникнути пошкодження вантажу спричинене динамічними навантаженнями. При перевезенні людей по покриттю складного профілю корпус автомобіля буде зазнавати значних коливань, що викличе дискомфорт у людей. Наведене ставить певні вимоги до конструкції та характеристик системи підресорювання ТЗ та спеціального амортизаційного пристрою встановленого на корпусі автомобіля спеціального призначення.

Питанням динаміки колісних транспортних засобів (КТЗ) присвячена ціла низка праць[1-3]. Однак, питанням захисту віброчутливих вантажів, які транспортуються приділено значно менше уваги. У роботі пропонується дослідження сумісного впливу системи підресорювання ТЗ та спеціального амортизаційного пристрою на коливні процеси об'єкту, за умови руху КТМ по пересіченій місцевості. Використовуючи фізично обґрунтовані припущення, щодо характеристик підвіски та системи спеціального амортизаційного пристрою отримано: залежності, які є базовими для визначення власних частот коливань корпусу та об'єкту, як функцію характеристик підвіски та системи підпружинення, демпферних пристроїв та ін.

Постановка задачі. Для отримання диференціальних рівнянь руху ТЗ із встановленим на ньому об'єкту вказану систему моделюватимемо як багато масову систему. Приймається, що її рух відбувається у вертикальній площині. (рис.1).

©Л.Д.Величко, О.С.Петрученко, А.О.Дзюба

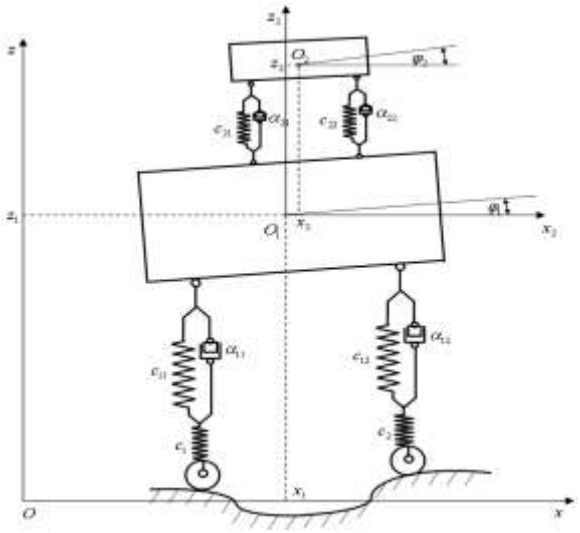


Рис. 1. **Загальна розрахункова схема**

Для побудови математичної моделі механічної системи, котра має п’ять ступенів вільності, введемо нерухому систему координат Oxz і рухому – $O_1x_2z_2$ з початком координат точки O_1 в центрі мас корпусу. За узагальнені координати виберемо: $x_1(t)$ – координати центру мас корпусу відносно нерухомої системи координат; $z_1(t)$ – координата відхилення центру мас корпусу відносно осі Oz від його рівноважного положення в довільний момент часу; $\varphi_1(t)$ – кут відхилення від рівноважного положення корпусу в довільний момент часу; $x_2(t)$ та $z_2(t)$ – координати центру мас вантажу відносно рухомої системи координат; $\varphi_2(t)$ – кут відхилення від рівноважного положення вантажу в довільний момент часу.

Для отримання диференціальних рівнянь, котрі описують сумісний рух ТЗ з встановленому на ньому об’єкту, використаємо рівняння Лагранжа другого роду [4]:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_i}=Q_i\,, \tag{1}$$

де: T – кінетична енергія механічної системи; t – час; $\dot{q}_i(t)$ – узагальнена швидкість, $q_i(t)$ – узагальнена координата, Q_i – узагальнена сила по координаті q_i.

В такому разі кінетична енергія механічної системи визначається відповідно до

$$T=4T_{кол}+T_{корп}+T_{вант}\,, \tag{2}$$

де $T_{кол}$ – кінетична енергія колеса, $T_{корп}$ – кінетична енергія корпусу, $T_{вант}$ – кінетична енергія вантажу. Оскільки колесо рухається у вертикальній площині (рис.2) його кінетична енергія визначається з допомогою формули

$$T_{кол}=\frac{m_{кол}V_{кол}^2}{2}+\frac{I_{кол}\omega_{кол}^2}{2}\,, \tag{3}$$

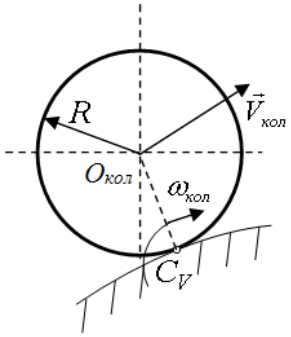


Рис. 2. **Схема кінематичних характеристик колеса**

В останній залежності $m_{кол}$ – маса колеса, $V_{кол}$ – швидкість центру мас колеса. Вважається, що маса колеса рівномірно розподілена по площі, тому момент інерції його рівний $I_{кол} = 0{,}5m_{кол}R^2$. Кутова ж його швидкість визначається відповідно до формули $\omega_{кол} = V_{кол}R^{-1}$. Таким чином, кінетична енергія колеса рівна

$$T_{кол} = \frac{3m_{кол}V_{кол}^2}{4}. \tag{4}$$

Корпус ТЗ здійснює плоский рух, а тому кінетична енергія його рівна

$$T_{корп} = \frac{m_{корп}\left(\dot{x}_1^2 + \dot{z}_1^2\right)}{2} + \frac{I_{корп}\dot{\varphi}_1^{\,2}}{2}. \tag{5}$$

де $m_{корп}$ – маса корпусу, $\vec{V}_{корп} = \dot{x}_1(t)\vec{i} + \dot{z}_1(t)\vec{k}$ – швидкість центру мас корпусу (т.O_1 з координатами $x_1(t), z_1(t)$), $I_{корп}$ – момент інерції корпусу відносно його центру мас, $\omega_{корп}(t) = \dot{\varphi}_1(t)$ – кутова швидкість корпусу.

Кінетичну енергію вантажу визначаємо використовуючи формулу

$$T_{вант} = \frac{m_{вант}V_{вант}^2}{2} + \frac{I_{вант}\omega_{вант}^2}{2}, \tag{6}$$

де $m_{вант}$, $V_{вант}$, $I_{вант}$ – відповідно маса та абсолютна швидкість центру мас, момент інерції вантажу відносно його центру мас підпружиненого об'єкту, а $\omega_{вант} = \dot{\varphi}_2(t)$ – його кутова швидкість.

Абсолютну швидкість центру мас вантажу O_2 визначаємо враховуючи те, що координати точки O_2 відносно нерухомої системи координат Oxz дорівнюють $x_{O_2} = x_1 + x_2$ і $z_{O_2} = z_1 + z_2$. Отже, квадрат абсолютної швидкості центру мас вантажу рівний

$$V_{вант}^2 = \left(\dot{x}_1(t) + \dot{x}_2(t)\right)^2 + \left(\dot{z}_1(t) + \dot{z}_2(t)\right)^2.$$

Враховуючи вказане, отримаємо, що кінетична енергія вантажу рівна

$$T_{вант} = \frac{m_{вант}\left(\left(\dot{x}_1(t) + \dot{x}_2(t)\right)^2 + \left(\dot{z}_1(t) + \dot{z}_2(t)\right)^2\right)}{2} + \frac{I_{вант}\varphi_2^2}{2}. \tag{7}$$

Очевидно, що швидкість центру мас колеса дорівнює швидкості центру мас корпусу, тобто $V_{кол}^2 = \left(\dot{x}_1^2 + \dot{z}_1^2\right)$. Таким чином, кінетична енергія механічної системи дорівнює

$$\begin{aligned} T = {} & 3m_{кол}\left(\dot{x}_1^2 + \dot{z}_1^2\right) + \frac{m_{корп}\left(\dot{x}_1^2 + \dot{z}_1^2\right)}{2} + \frac{I_{корп}\dot{\varphi}_1^{\,2}}{2} + \\ & + \frac{m_{вант}\left(\left(\dot{x}_1(t) + \dot{x}_2(t)\right)^2 + \left(\dot{z}_1(t) + \dot{z}_2(t)\right)^2\right)}{2} + \frac{I_{вант}\dot{\varphi}_2^{\,2}}{2}. \end{aligned} \tag{8}$$

Наведене співвідношення дозволяє отримати залежності

$$\begin{aligned} & \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = 3m_{кол}\cdot 2\dot{x}_1 + 0{,}5m_{корп}\cdot 2\dot{x}_1 + 0{,}5m_{вант}\cdot 2\left(\dot{x}_1(t) + \dot{x}_2(t)\right), \\ & \frac{\partial T}{\partial \dot{z}_1} = 3m_{кол}\cdot 2\dot{z}_1 + 0{,}5m_{корп}\cdot 2\dot{z}_1 + 0{,}5m_{вант}\cdot 2\left(\dot{z}_1(t) + \dot{z}_2(t)\right), \\ & \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} = 0{,}5I_{корп}\cdot 2\dot{\varphi}_1,\ \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = 0{,}5m_{вант}\cdot 2(\dot{x}_1(t) + \dot{x}_2(t)), \\ & \frac{\partial T}{\partial \dot{z}_2} = 0{,}5m_{вант}\cdot 2(\dot{z}_1(t) + \dot{z}_2(t)),\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} = 0{,}5I_{вант}\cdot 2\dot{\varphi}_2. \\ & \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = 6m_{кол}\ddot{x}_1 + m_{корп}\ddot{x}_1 + m_{вант}\left(\ddot{x}_1(t) + \ddot{x}_2(t)\right), \end{aligned} \tag{9}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{z}_1}\right) = 6m_{кол}\ddot{z}_1 + m_{корп}\ddot{z}_1 + m_{вант}\left(\ddot{z}_1(t) + \ddot{z}_2(t)\right),$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1}\right) = I_{корп}\ddot{\varphi}_1,\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2}\right) = I_{вант}\ddot{\varphi}_2 \tag{10}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = m_{вант}(\ddot{x}_1(t) + \ddot{x}_2(t)),$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{z}_2}\right) = m_{вант}(\ddot{z}_1(t) + \ddot{z}_2(t)).$$

На систему корпус – об'єкт, що транспортується діють такі зовнішні сили:

- вага корпусу та об'єкту, який транспортується ($m_{корп}g, m_{вант}g$)

- сила опору повітря $R_{опір} = cs\rho V^2$, де c – коефіцієнт який враховує аеродинамічні властивості конструкції ТЗ, s – максимальна площа поперечного перерізу ТЗ, ρ – питома густина повітря, V – швидкість ТЗ;.

- пружні сили, які виникають в передній і задній нижніх пружинах.

Вони описуються відповідно залежностями

$$F_{11} = c_{11}\left(z_1 - \delta_{11ст} - \varphi_1 l_{11} - z_л\right). \tag{11}$$

$$F_{12} = c_{12}\left(z_1 - \delta_{12ст} + \varphi_1 l_{12} - z_п\right). \tag{12}$$

де $\delta_{11ст}$, $\delta_{12ст}$ – статична деформація пружини внаслідок дії частини ваги корпусу і вантажу; $\varphi_1 l_{11}$, $\varphi_1 l_{12}$ – деформації пружини внаслідок відхилення корпусу від його рівноважного положення на кут φ_1; l_{11}, l_{12} – модулі величини різниці координат відносно осі абсцис центру мас корпусу і заднього демпфера та переднього; $z_л$, $z_п$ – величини стиску пружини обумовлених нерівністю дорожнього покриття; z_1 – приріст координати центру мас корпусу відносно осі аплікат.

На колеса діють наступні силові чинники: $P_{кол} = m_{кол}g$ – вага колеса, $\vec{N}$ – нормальна реакція дорожнього покриття, $F_{тертя} = f \cdot N$ – сила тертя ковзання, (f – коефіцієнт тертя ковзання між протектором колеса і дорожнім покриттям), $M_{двиг}$ – приведений привідний момент, $M_{кочення} = f_{кочення} \cdot N$ – момент сил тертя кочення ($f_{кочення}$ – коефіцієнт тертя кочення).

Наведене, у сукупності, дозволяє отримати узагальнені сили, які відповідають прийнятим узагальненим координатам

$$Q_{x1} = -cs\rho V^2 + c_{11}\left(z_1 - \delta_{11ст} - \varphi_1 l_{11} - z_л\right)a\omega\cos\omega\left(x - l_{11}\right) +$$
$$+ c_{12}\left(z_1 - \delta_{12ст} + \varphi_1 l_{12} - z_п\right)a\omega\cos\omega\left(x + l_{12}\right) + \frac{M_{двиг}}{R} - \frac{M_{кочення}}{R}. \tag{13}$$

$$Q_{x2} = -R_{повіт}. \tag{14}$$

$$Q_{z1} = -c_{11}\left(z_1 - \delta_{11ст} - \varphi_1 l_{11} - z_л\right) - c_{12}\left(z_1 - \delta_{12ст} + \varphi_1 l_{12} - z_п\right) - P_{корп} +$$
$$+ c_{21}\left(z_2 - \delta_{21ст} - \varphi_2 l_{21} + \varphi_1 l_{21} - z_1\right) + c_{22}\left(z_2 - \delta_{22ст} + \varphi_2 l_{22} - \varphi_1 l_{22} - z_1\right), \tag{15}$$

$$Q_{z2} = -c_{21}\left(z_2 - \delta_{21ст} - \varphi_2 l_{21} + \varphi_1 l_{21} - z_1\right) - c_{22}\left(z_2 - \delta_{22ст} - \varphi_1 l_{22} + \varphi_2 l_{22} - z_1\right) - P_{вант}. \tag{16}$$

$$Q_{\varphi 1} = c_{11}\left(z_1 - \delta_{11ст} - \varphi_1 l_{11} - z_л\right)l_{11} - c_{12}\left(z_1 - \delta_{12ст} + \varphi_1 l_{12} - z_п\right)l_{12} +$$
$$+ c_{21}\left(z_2 - \delta_{21ст} + \varphi_1 l_{21} - \varphi_2 l_{21} - z_1\right)l_{21} - c_{22}\left(z_2 - \delta_{22ст} + \varphi_2 l_{22} - \varphi_1 l_{22} - z_1\right)l_{22}, \tag{17}$$

$$Q_{\varphi 2} = c_{21}\left(z_2 - \delta_{21ст} - \varphi_2 l_{21} + \varphi_1 l_{21} - z_1\right)l_{21} - c_{22}\left(z_2 - \delta_{22ст} - \varphi_1 l_{22} + \varphi_2 l_{22} - z_1\right)l_{22}. \tag{18}$$

та диференціальні рівняння, які описують рух досліджуваного об'єкту

$$6m_{кол}\ddot{x}_1 + m_{куз}\ddot{x}_1 + m_{вант}\left(\ddot{x}_1(t) + \ddot{x}_2(t)\right) =$$
$$= -cs\rho V^2 + c_{11}\left(z_1 - \varphi_1 l_{11} - a\sin\omega(x_1 - l_{11})\right)a\,\omega\cos\,\omega\left(x - l_{11}\right) +$$

$$+c_{12}(z_1+\varphi_1 l_{12}-a\sin\omega(x_1+l_{12}))a\,\omega\cos\,\omega(x+l_{12})+\frac{M_{двиг}}{R}-\frac{M_{кочення}}{R}; \quad (19)$$

$$6m_{кол}\ddot{z}_1+m_{куз}\ddot{z}_1+m_{вант}(\ddot{z}_1(t)+\ddot{z}_2(t))=$$
$$=-c_{11}(z_1-\varphi_1 l_{11}-a\sin\omega(x_1-l_{11}))-c_{12}(z_1+\varphi_1 l_{12}-a\sin\omega(x_1+l_{12}))+$$
$$+c_{21}(z_2-\varphi_2 l_{21}+\varphi_1 l_{21}-z_1)+c_{22}(z_2+\varphi_2 l_{22}-\varphi_1 l_{22}-z_1) \quad (20)$$

$$I_{корп}\ddot{\varphi}_1=c_{11}(z_1-\varphi_1 l_{11}-a\sin\omega(x_1-l_{11}))l_{11}-\ c_{12}(z_1+\varphi_1 l_{12}-a\sin\omega(x_1+l_{12}))l_{12}+$$
$$+c_{21}(z_2-\varphi_2 l_{21}+\varphi_1 l_{21}-z_1)l_{21}-c_{22}(z_2+\varphi_2 l_{22}-\varphi_1 l_{22}-z_1)l_{22}; \quad (21)$$

$$m_{вант}(\ddot{x}_1(t)+\ddot{x}_2(t))=-R_{повіт}; \quad (22)$$

$$m_{вант}(\ddot{z}_1(t)+\ddot{z}_2(t))=-c_{21}(z_2-\varphi_2 l_{21}+\varphi_1 l_{21}-z_1)-$$
$$-c_{22}(z_2-\varphi_1 l_{22}+\varphi_2 l_{22}-z_1); \quad (23)$$

$$I_{вант}\ddot{\varphi}_2=c_{21}(z_2-\varphi_2 l_{21}+\varphi_1 l_{21}-z_1)l_{21}-c_{22}(z_2-\varphi_1 l_{22}+\varphi_2 l_{22}-z_1)l_{22}. \quad (24)$$

Отримані рівняння є базою для визначення власних частот коливань(вертикальних і поздовжньо-кутових). Зокрема для вертикальних $\varphi_1(t)\equiv 0;\varphi_2(t)\equiv 0$ вони трансформуються до вигляду:

$$A\omega^4-B\omega^2+C=0 \quad (25)$$

Де A= $(-m_{вант}m_{корп}+m_{вант}-c_{12}m_{вант}-m_{вант}^2)$

B= $(m_{корп}c_{21}-m_{корп}c_{22}-3c_{21}m_{вант}-2m_{вант}c_{22}+c_{11}m_{вант}-c_{21}-c_{22})$

C= $(c_{11}c_{21}+c_{11}c_{22}+4c_{21}c_{22}+2c_{22}c_{22})$

Таким чином, для забезпечення належного захисту об'єкту від вертикальних коливань жорсткості підпружинення мають задовольнятись умові:

$$B^2-4AC>0$$
$$\frac{B}{2A}-\sqrt{B^2-4AC}>0$$
$$A\neq 1$$

Висновки.

Отримана система нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку є базовою для дослідження динаміки ТЗ та об'єкту встановленого на спеціальному амортизаційному пристрою. Вона враховує як профіль дороги, так і характеристики демпферних пристроїв корпусу ТЗ і спеціального амортизаційного пристрою, на якому розміщено вантаж під час руху КТЗ.

Запропонована модель конструкції ТЗ з спеціально амортизаційним пристроєм дозволяє зменшити амплітуду коливань об'єкту, а значить дозволяють підвищити ефективність виконання його цільового призначення за довільної швидкості руху ТЗ

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М. : Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. Яценко Н.Н. Плавность хода грузовых автомобилей / Н.Н. Яценко, О.К. Прутчиков. – М. : Машиностроение, 1969. – 219 с.
3. Обеспечение плавности хода при проектировании легкового автомобиля с учетом влияния потер на трение в подвеске : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук. – Тольятти, 2008. – 26 с.
4. Гаральд Іро. Класична механіка / Переклад з нім. Гайда Р., Головач Ю.-Л.:В-во ЛНУ ім. І.Франка, 1999.- 464с.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2014.

УДК 693.546.5.001.24

І.В.Вельган
Національний університет "Львівська політехніка"

ОСОБЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КРУПНОПОРИСТИХ БЕТОНІВ

В статті розглянута структура крупно пористого дренуючого бетону, моделі упаковки зерен матеріалів і обґрунтована оптимальна структура бетону. Розглянуті питання структуроутворення, властивості контактної зони «цементний камінь-заповнювач»,та питання адгезії між компонентами бетону. Визначено вплив компонентів бетону, способів ущільнення бетонної суміші на покращення фізико – механічних характеристик бетону. Наведено рекомендації з технології виготовлення вібропресованих крупно пористих бетонів.

Ключові слова*:крупнопористий цементобетон;контактна зона, адгезія компонентів , структура, властивості, фільтрація.*

Рис 8. Форм 14. Літ 11

И.В.Вельган

В статье рассмотрена структура крупнопористого дренирующего бетона , модели упаковки зерен материалов и обоснована оптимальная структура бетона. Рассмотрены вопросы структурообразования, свойства контактной зоны « цементный камень - заполнитель », и вопросы адгезии между компонентами бетона. Определено влияние компонентов бетона , способов уплотнения бетонной смеси на улучшение физико - механических характеристик бетона. Приведены рекомендации по технологии изготовления вибропрессованных крупно ячеистых бетонов.

Ключевые слова*: крупнопористых цементобетон; контактная зона, адгезия компонентов, структура , свойства , фильтрация.*

I.Velhan

FEATURES OF THE PROPERTIES AND MANUFACTURING TECHNIQUES LARGE DRAINING POROUS CONCRETE

In this article the structure of large-porous concrete and model of materials and grains packaging are considered, optimal structure of concrete is proved. The problems of structure formation, properties of contact area "cement stone filler" and adhesion between the components of the concrete are examined. The influence of concrete component and methods of concrete mixture consolidation on improvement of physical and mechanical characteristics of concrete is defined. The recommendations concerning the production technology of vibrocompressed large-porous concrete are shown.

Keywords: *large-porous cement-concrete, contact area, adhesion of components, structure, properties, filtering.*

Постановка проблеми.

Термін " крупнопористий бетон" міцно ввійшов у бетонознавство після появи в 1955 р. праці проф. Б.Г. Скрамтаєва " Крупнопористий бетон і його застосування в будівництві" , в якому дано історичний огляд ідеї крупнопористого бетону і його застосування головним чином як стінового матеріалу [10] . Часто в літературі великопористий бетон називають " безпісчаний " , оскільки в його складі відсутній невеликий заповнювач . Застосування КПБ при будівництві будівель було розпочато в 1950 р. за пропозицією Б.Г. Скрамтаєва , інж. Н.С. Попова і Н.М. Орлянкін .

Другий напрямок застосування КПБ пов'язано з його високою проникністю , тобто здатністю легко пропускати через свою товщу рідини. Ця властивість вперше було використано в США , де з 1925 р. було організовано серійне виробництво дренажних труб з КПБ .

У подальшому область застосування КПБ як фільтруючого матеріалу розширилася і він був успішно впроваджений в конструкціях водоочисних споруд для дренажу повільних фільтрів першого ступеня [3], в транспортному будівництві для влаштування придорожніх дренажів [2], також для кріплення укосів земляних споруд ГЕС в зоні виходу фільтраційних вод [7], у меліоративному будівництві.

Крупнопористий бетон відрізняється від щільного порівняно низькою міцністю , що не дозволяє застосовувати його в тих конструктивних рішеннях , де високі теплозахисні або дренажні властивості повинні поєднуватися з конструктивними .

Аналіз основних досліджень та публікацій.

При дії вібрації бетонна суміш звичайного бетону тиксотропно розріджується і набуває властивості важкої рідини. В'язкість цементної пасти зменшується , частки крупного заповнювача набувають здатність переміщатися і ущільнюватися.

©І.В. Вельган

Реологічні властивості крупнозернистої бетонної суміші визначаються її в'язкістю, наявністю внутрішнього тертя і зчеплення частинок між собою. Вибір оптимального водоцементного відношення за даними [4] , є основною проблемою технології приготування КПБ . На залежність міцності КПБ від В / Ц вказували Б.Г. Скрамтаев і М.П. Елінзон [9]. Для кожного складу КПБ існує оптимальне значення В / Ц , відхилення від якого неприпустимо. Вказувалося на те, що " відхилення від оптимального В / Ц знижують міцність крупнопористого бетону більшою мірою , ніж у звичайного бетону " [11] .

Проведені раніше дослідження технологічних особливостей способів ущільнення бетонної суміші з віджимання води показали, що для ущільнення бетонної суміші під тиском необхідно щоб відбулася рівномірна компресія цементного гелю, обумовлена відтискуванням рідкої фази . Такий процес можна організувати, якщо попередньо надати бетонної суміші задану форму і забезпечити рівномірну передачу на неї нормального тиску. Був зроблений висновок, що пресуванню має передувати віброформування бетонної суміші і віброущільнення цементного гелю, що знаходиться між зернами заповнювача[1].

Досвід показує, що на одному і тому ж цементі і на одних і тих же заповнювачах можна у певних умовах отримувати бетони відносно більш міцні, хоча й трохи менш щільні, якщо забезпечити кращий контакт між зернами заповнювача.

Невирішені раніше частини загальної проблеми

Відомо , що основним критерієм високої якості бетону майже всіма дослідниками визнається його щільність, однак , як зазначав ще Р. Лерміт [6] , це положення може бути предметом обговорення.

Досвід показує , що на одному і тому ж цементі і на одних і тих же заповнювачах можна у відомих умовах отримати бетони відносно більш міцні , хоча й трохи менш щільні , якщо забезпечити кращий контакт між зернами - заповнювачами .

При дослідженні властивостей важкого бетону на фракціонованому заповнювачі встановлено, що при певному змісті заповнювача і відповідних фракцій утворилася не послідовне зниження міцності , в результаті збільшення вмісту заповнювача , а його підвищення . Якщо зіставити пружні характеристики такого бетону і бетону на нефракціоновані заповнювачі , то можна побачити , що вони суттєво відрізняються.

Враховуючи те, що заповнювач навряд чи змінив свої пружні характеристики , залишається припустити , що в бетоні на фракціонованому заповнювачі збільшуються пружні характеристики матриці , що знаходиться в інших умовах (тонкі плівки), ніж при випробуванні чистого цементного каменю у великому обсязі.

Таким чином , в роботі висувається наступна наукова гіпотеза . При формуванні структури крупнопористого бетону на фракціонованих заповнювачах при дії вібропресуючого навантаження, в результаті зближення частинок заповнювача покритих шаром цементного тіста, в зоні їх контакту утворюються тонкі плівки цементного каменю, що за характеристиками різко відрізняються від характеристик цементного каменю при звичайному вібруванні бетону. Використовуючи це положення, можна отримати на основі жорстких бетонних сумішей з оптимальним В / Ц і підібраному гранскладі конструкційний великопористий бетон з міцністю більше 20 МПа.

Мета досліджень

Метою роботи є вивчити структуроутворення і основні властивості КПБ , виготовленого методом вібропресування для дренуючих дорожніх покриттів. Аналіз існуючих моделей упаковки зернистих матеріалів і теоретично обґрунтувати оптимальну структуру крупнопористого дренуючого бетону. Необхідно підібрати і оптимізувати склади бетону з мінімальною В / Ц стосовно до технології вібропресування. Крім цього особливу актуальність мають питання структуроутворення і основні фізико -механічні властивості вібропресованого КПБ . Необхідно намітити подальші шляхи підвищення фізико- механічних та інших властивостей розроблених складів КПБ .

Дренуючих цементобетон в дорожньому будівництві почав застосовуватися на початку 80 -х років у США , Канаді , Франції , Нідерландах для влаштування покриттів міських вулиць і автомагістралей , а також підстав в якості водопроникної конструктивного шару. Такі покриття дозволяють частково або повністю видалити воду з проїжджої частини , тротуарів і площ , зменшуючи на них товщину водної плівки і підвищуючи безпеку руху. Ці покриття мають наступні переваги: водопроникність, дренажну здатність , зменшують водяний туман за

рухомими транспортними засобами, а також шум при їх русі. Вони здатні утримувати шар води товщиною до 2,5 см , яка випаровується , або відводиться в фільтруючий шар і систему внутрішнього водовідводу , якщо дренуючих бетон використаний на всю товщину покриття.

Основні результати досліджень

Одним із шляхів до вдосконалення фізичних уявлень про міцність бетону можуть служити модельні уявлення, що дозволяють простежити кінетику деформування і руйнування бетону.

Мінеральні наповнювачі для бетонів неоднорідні за розмірами і формою зерен. Максимально щільна їх упаковка є однією з найважливіших технологічних завдань, що визначають міцність бетону під дією зовнішніх навантажень .

Були розглянуті дві схеми укладання рівних кіл на площині і в просторі. Найщільніша з таких укладок виходить таким чином : на площині за схемою (рис. 1 б) укладаються рівні круги , що є " екваторіальними колами" рівних куль , в якому кожен куля торкається шести сусідніх. Якщо продовжувати накладати таким же чином подібні шари куль зверху і знизу від уже наявних, то отримаємо заповнення всього простору рівними кулями , де кожен куля торкається 12 сусідніх. Оскільки кожен шар можна накласти на вже наявний двома способами , то фактично виходить нескінченно багато різних систем заповнень простору рівними кулями ; проте всі ці укладання куль мають однакову щільність , рівну $\frac{\pi\sqrt{2}}{6} \approx 74{,}05\%$ [54].

Акад. Н.В.Белов показав, що при кубічній укладці куль однакового діаметра утворюються октаедричні порожнини, а при ромбоедричної - тетраедричні за типом геометричних фігур, утворених кулями навколо відповідної "дірки" (рис. 2 а, б). Для випадку нескінченної укладання куль можна розрахувати кількість порожнеч кожного типу, що припадають в середньому на одну кулю.

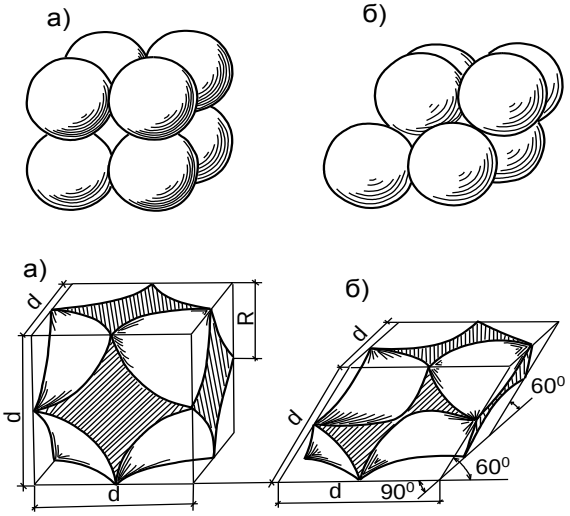


Рис. 1. **Розміри і геометрична форма порожнеч, утворених в результаті кубічної (а) і ромбоедричної (б) укладання куль (по Н.В. Бєлову) [116]**

Щільність упаковки дотичних куль однакового діаметра коефіцієнт заповнення обсягу визначається за формулою

$$D_m = \frac{\pi}{6(1-\cos\theta)\sqrt{1+2\cos\theta}}. \qquad (1)$$

Згідно (1) щільність розташування куль одного діаметра характеризується кутом, утвореним гранями ромбоедра і залежно від взаємного розташування куль може змінюватися від 60 (ромбоедрична або гексогональний укладка) до 90° (кубічна укладка). Залежно від цього щільність упаковки буде мати значення від 0,741 до 0,524, а порожнистість, що обчислюється як

$$m_n = 1 - D_m, \qquad (2)$$

при зазначених крайніх значеннях θ може змінюватися в межах:

$$0{,}2595 < m_n < 0{,}4764.$$

Для складання моделі були прийняті наступні вихідні положення :

- максимальна щільність упаковки залежить від геометричних розмірів і форми зерен;
- радіус зерна в заданому напрямку є випадкова величина , описувана деякою функцією розподілу , яка визначається експериментально , що дозволяє враховувати будь-яку форму зерна;
- функція розподілу середніх радіусів зерен прийнята по рівномірному або нормальному законам розподілу ;
- число ітерацій елементів упаковки визначається за допустимої відносної похибки $\alpha \approx \frac{1}{\sqrt{n}}$.

Для вивчення найбільш щільної упаковки були розглянуті чотири взаємно дотичні зерна; відрізки, що з'єднують їх центри утворюють неправильну трикутну піраміду (рис. 2).

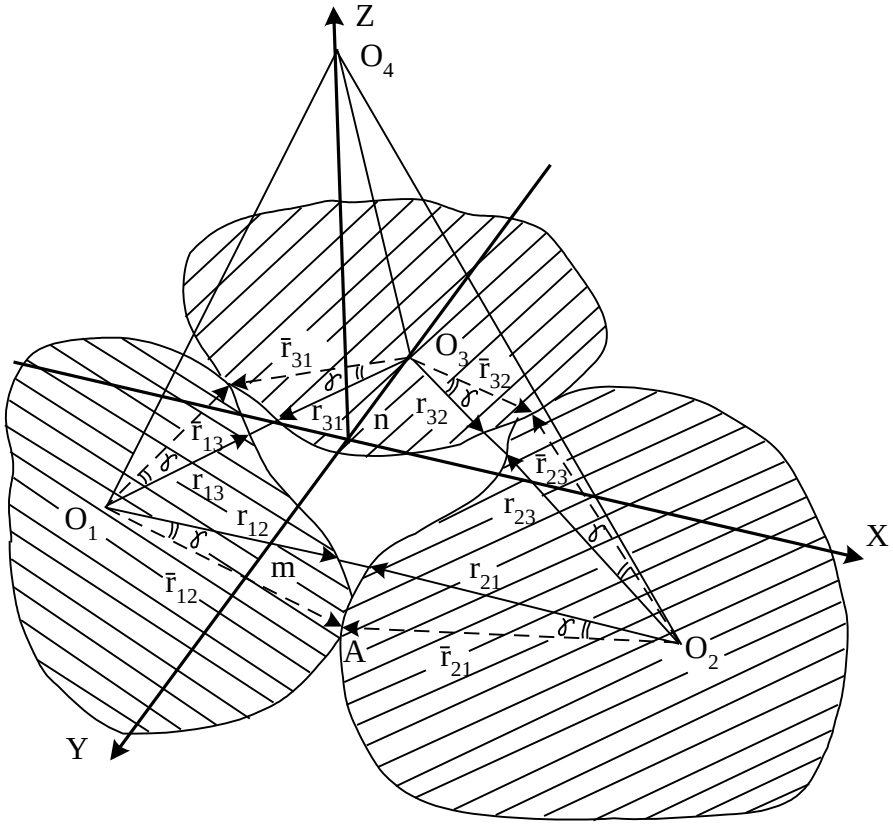


Рис. 2**. Розрахункова схема для визначення максимально щільної упаковки мінеральних зерен**

Декартова система координат (вісь X) була обрана паралельно лінії O_1O_2. На кожній ітерації генерувалися радіуси зерен в різних напрямках і розраховувалися відстані між центрами по трьох осях координат O_1O_2, O_3m, O_4n.. Потім обчислювалися середні значення цих відстаней по всій вибірці: $(O_1O_2)_{ср}$, $(O_3m)_{ср}$, $(O_4n)_{ср}$. Кількість зерен що вміщаються в одиниці об'єму, знаходилося за формулою

$$N = \frac{1}{(O_1O_2)_{ср}(O_3m)_{ср}(O_4n)_{ср}}. \quad (3)$$

Віддаль O_1O_2 отримано з виразу

$$O_1O_2 = r_{12} + r_{21}, \quad (4)$$

де

r_{12} - радиус першого зерна в напрямку центра другого;

r_{21} - радиус другого зерна в напрямку першого.

Віддаль O_3m було знайдено из трикутника $O_1O_2O_3$:

$$O_3m = \sqrt{(r_{13}+r_{31})^2 - \left[\frac{(r_{32}-r_{23})^2+(r_{12}+r_{21})^2+(r_{13}+r_{31})^2}{2(r_{12}+r_{21})}\right]^2}. \qquad (5)$$

Вираз для O_4n отримано в неявному вигляді і для спрощення розрахунку було прийнято співвідношення

$$O_4n = \frac{2\sqrt{2}}{3}O_3m, \qquad (6)$$

справедливе для упаковки рівних куль з неоднорідних зерен. Як показали розрахунки , що виникає при такому спрощенні помилка прагнути до 0 при збільшенні числа ітерацій n . З розрахункової схеми (рис. 2) видно , що вирази (4) і (5) будуть давати систематичну помилку за рахунок того , що зіткнення зазвичай має місце не по лінії , що з'єднує центри зерен. Для компенсації цієї помилки задавалися деяким кутом γ.

Упаковка характеризується вмістом твердих зерен в частках одиниці об'єму. Для визначення максимально щільної теоретичної упаковки за обсягом необхідно знайти , за формулою (3.1) число куль в одиниці об'єму , а по (3.7) і (3.8) - середній обсяг однієї кулі , тоді загальний обсяг твердої фази в одиниці об'єму становитиме:

$$P = NV_{cp}. \qquad (7)$$

Аналогично знаходиться суммарная площа поверхні зерен в одиниці об'єму:

$$S = NS_{cp}, \qquad (8)$$

де,

$V_{ср}$ и $S_{ср}$ - средние значения объема и поверхности одного зерна в выборке;

N - число шаров в единице объема.

На рис. 2 також можна Побачити, що на кожній ітерації розглядалися чотири радіусу кожного зерна, тому

$$V_{13} = \frac{3}{4}\pi\left(r_{12}^3 + r_{13}^3 + \bar{r}_{12}^3 + \bar{r}_{13}^3\right). \qquad (9)$$

Аналогичные расчеты были проведены для 2 и 3, I и 2 зерна, а затем рассчитано среднее значение объема зерна по формуле:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(V_{1i}+V_{2i}+V_{3i})}{3n}. \qquad (10)$$

Потім порядок розрахунків був повторений для обчислення $S_{ср}$.

На основі розробленої моделі був складений алгоритм розрахунку . Розрахункова залежність щільності упаковки від однорідності частинок за розмірами і формою (крива I) і часу вібрування показана на графіку (рис.3) з якого видно , що збільшення неоднорідності матеріалу за розмірами (зменшення величини) супроводжується підвищенням щільності упаковки.

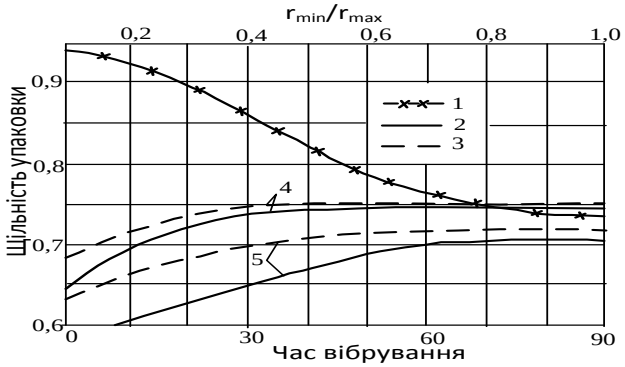


Рис.3. **Залежність щільності упаковки від однорідності зерен за розмірами і формою (1) і часу вібрування; для керамзиту (2) та щебеню (3); 4 і 5 - верхні та нижні межі розподілу експериментальних даних**

Отримувані розрахунком значення щільної упаковки за обсягом зернистих середовищ, є максимально можливими. Відношення фактичної максимально щільної упаковки за обсягом, визначеної дослідним шляхом, до максимальної отриманої теоретично за запропонованою моделі, автори назвали коефіцієнтом ущільнення, який завжди менше одиниці.

При розгляді контакту між зернами заповнювача Ю.Л. Воробйов не врахував потовщення шару цементного тіста в контактній зоні , а відстань між суміжними зернами прийняв рівним товщині огортаючого шару цементного тесту. Тим часом потовщення цього шару в зоні контакту є дуже важливим фактором формування міцності крупнопористого бетону.

Був зроблений висновок , що при зближенні зерен заповнювача в процесі укладання бетону обволікаючий їх шар цементного тесту витісняється з місця зіткнення і утворює в зоні контакту кільцеве потовщення зразок меніска.

На підставі такого подання С.М. Ицкович [5] запропонував структурну модель крупнопористого бетону у вигляді сукупності однорозмірних сферичних зерен радіусом R , дотичних між собою і рівномірно покритих шаром цементного тіста товщиною δ з контактними кільцевими потовщеннями (рис. 7) . Радіус утворюється між зернами кругового контакту r можна виразити через R і δ на підставі балансу обсягу цементного тесту до і після зіткнення зерен.Объем цементного теста в контактной зоне, примыкающей к одному из зерен, т.е. объем тела вращения (область заштрихованная на рис.3.7б) равен

$$V = \pi \int_0^{R-\sqrt{R^2-r^2}} \left(r^2 + x^2 + 2xR\right)dx. \qquad (11)$$

До соприкосновения зерен тот же объем цементного теста был распределен слоем δ на поверхности шарового сегмента с диаметром основания 2 r.

Следовательно,

$$V = 2\pi R\delta\left(R - \sqrt{R^2} - r^2\right). \qquad (12)$$

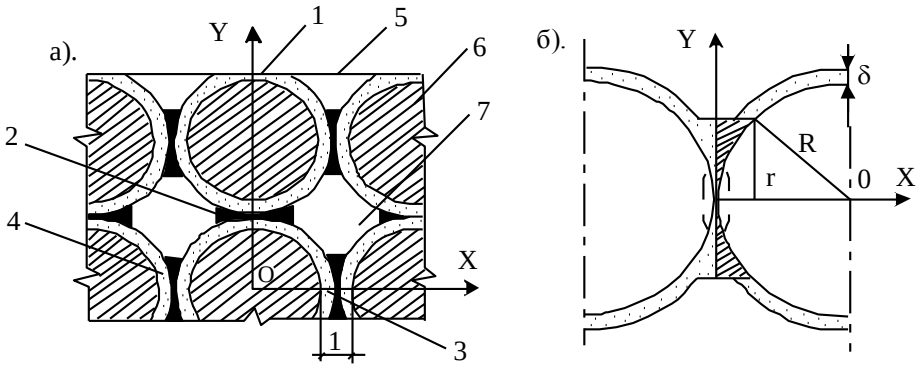


Рис.7. **Елементарна комірка моделі крупнопористого бетону (а);**

Схема контакту, що утворюється при зближенні зерен заповнювача з шаром цементного тесту, що його окутує (б) :

1 - цементний камінь контактної зони;

2 - цементна оболочка;

3 - зерно мінерального заповнювача;

4 - повітряна міжзернова пора

Прирівнявши обидва вирази і шляхом перетворень, середній діаметр контакту становить

$$\frac{d}{D} = \sqrt{0{,}375 + 6\frac{\delta}{D}\sqrt{0{,}14 - 1{,}5\frac{\delta}{D}}}, \qquad (13)$$

де

$d = 2r$; $D = 2R$.

Структурний параметр $\left(\frac{d}{D}\right)^2$, що виражає відносну площа контактного перетину, був покладений в основу формули міцності КПБ .

При розгляді структури вібропресованого КПБ представляється доцільним розрізняти такі елементи:

- Цементний камінь , властивості якого формуються під впливом часу та умов формувань і подальшого твердіння ;
- Мінеральний заповнювач , властивості якого практично не змінюються з плином часу;
- Зону контакту між цементним каменем і заповнювачем , властивості якої залежать від властивостей перших двох елементів структури .

Зона контакту , що складається з контактного шару цементного каменю , контактного шару заповнювача і поверхні розділу , є найбільш слабким місцем структури бетону. При вібропресованню бетонної суміші , коли відстані між зернами заповнювача зводяться до мінімуму, роль контактних шарів в структурної міцності бетону значно зростає.

Міцність контактної зони КПБ буде залежати від товщини і властивостей структурованої оболонки в місцях контакту між зернами заповнювача. Міцність і щільність цієї оболонки буде зменшуватися в міру віддалення від поверхні зерна і досягає мінімуму в зоні переходу у вільний обсяг цементного каменю.

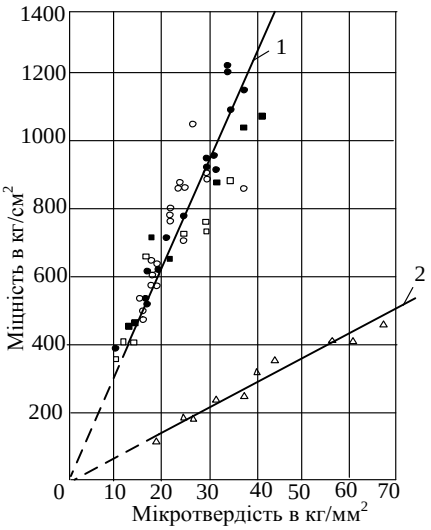
Дослідження проводили на зразках КПБ , виготовлені за і вібропресованою технологією на трьох видах наповнювачів і мінеральних тонкодисперсних домішок. Розмір фракції заповнювачів становив 2-10 мм.

Аналіз результатів вимірювання мікротвердості показує , що середня мікротвердість основної фази цементного каменю контактної зони вібропресованого бетону в 2 рази вище , ніж у вібрувати аналогічного складу . При цьому відстань між зернами заповнювача в результаті пресуючого тиску зменшилася в 4-8 разів залежно від розташування контактного шару по відношенню до вібрації.

Мікротвердість в зоні контакту заповнювачів значно вище , ніж мікротвердість цементного каменю недеформованою оболонки. Значення мікротвердості у верхній і нижній зонах контактних ділянок між зернами заповнювача в віброваних зразках відрізняються від вібропресованих .

Якщо в вібропресованих різниці практично не встановлено, то в віброваних величина мікротвердості на 30-40 % нижче. Це пояснюється принциповою відмінністю в умовах формування контактної зони.

Дослідження показали , що аналогія в зміні мікротвердості і міцності цементного каменю із зміною В / Ц , віку зразків і тонкості помелу цементу дозволила встановити лінійну залежність між двома цими величинами (рис. 8) , що має вигляд



$$R = k \cdot H_{\mu}. \qquad (14)$$

Значення коефіцієнта, k , може істотно змінюватися при введенні до складу цементу різних тонкомолотих генеральних домішок. Для чистих портландцементів різного складам тонкості помелу при однакових умовах зберігання і випробувань зразків значення коефіцієнта

k рекомендується приймати постійним незалежно від віку зразків. ○ - портландцемент з питомою поверхнею 2200 см^2/г;

● - то же, 4250 см^2/г;

□ - то же, 3800 см^2/г;

■-то же, 4800 см^2/г;

Δ - пуццолановий цемент с питомою поверхнею 3500 см^2/г

Рис.8. Співвідношення між міцністю при стисненні і мікротвердістю для зразків цементного каменю різного віку з цементів різного мінералогічного складу і різної тонкості помелу (В / Ц змінюється від нормальної густоти до 0,4): 1 - портландцементи лабораторного помелу;
2 - пуццолановий цемент заводського помелу

Висновки:

- ✓ Крупнопористий бетон відрізняється від щільного відсутністю дрібного заповнювача та значною пористістю (до 25%);
- ✓ Дослідження дають змогу використовувати крупно пористий вібропресований бетон як верхні несучі шари дорожнього одягу;
- ✓ Дослідження мікротвердості контактної зони вібропресованого крупнопористого цементобетому доводить, що міцність при вібропресованій технології значно перевищує міцність контактної зони при віброущільненні
- ✓ Підвищення міцності цементного каменю досягається шляхом збільшення питомої поверхні цементу, зменшення В/Ц відношення .

1. Ахвертов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 464с.
2. Бакерян А.Ш.., Челышев А.К. Дренажи из трубофильтров //Жилищное строительство. – 1971. - №5
3. Владыченко Г.П. Исследование пористого бетона как материала для дренажа медленных фильтров и скоростных фильтров первой степени при безреагентной очистке воды: Автореф. Дис. Канд.техн. наук: 05.23.05/Одесса, 1967.
4. Горчаков Г.И.., Иванов И.А. О комплексной характеристике структуры бетона// Бетон и железобетон. – 1980. - № 1.- С. 22.
5. Ицкович С.М. Вариант моделирования микробетона // Изв. Вузов. Строительство и архитектура, 1986. - №8. – С.50-54.
6. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. – М.: Госстройиздат, 1959.
7. Макаров В.Б. Сборные крепления откосов земляных сооружений //Гидротехническое строительство. - 1960. - №11
8. Потуроев В. В. Полимербетоны. М.: Стройиздат, 1987. 286с.
9. Скрамтаєв Б.Г., Элинзон М.П. Легкие бетоны. Из зарубежного опыта производства строительных материалов. – М.: Промстройиздат, 1956.
10. Скрамтаєв Б.Г. Крупнопористый бетон и эго применение в строительстве. – М.: Госстройиздат, 1955.
11. Инструкция по приготовлению и применению крупнопористого бетона. СН 60-59. – М.:Госстрой, 1959.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014.

УДК 621.891

А.И.Вольченко, Н.В.Кашуба, А.В.Возный
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

ФРИКЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРМОНАПРЯЖЕННЫХ ОБОДОВ ТОРМОЗНЫХ БРАБАНОВ

В материалах статьи проиллюстрировано фрикционное взаимодействие термонапряженных ободов тормозных барабанов транспортных средств и показана оценка их состояния и установлено влияние на него конструктивных и эксплуатационных параметров пар трения тормоза.

Ключевые слова*: фрикционное взаимодействие, пара трения, обод тормозного барабана, поверхностный и подповерхностный слой, температурные градиенты, сетка микротрещин, зарождение и развитие микротрещин*

Рис 2. Форм 11.Лит. 5.

О.І.Вольченко, М.В.Кашуба, А.В.Возний

ФРИКЦІЙНА ВЗАЄМОДІЯ ТЕРМОНАПРУЖЕНИХ ОБОДІВ ГАЛЬМІВНИХ БАРАБАНІВ

У матеріалах статті проілюстрована фрикційна взаємодія термонапружених ободів гальмівних барабанів транспортних засобів та показана оцінка їх стану та встановлено вплив на нього конструктивних та експлуатаційних параметрів пар тертя гальма

Ключові слова: *фрикційна взаємодія, пара тертя, обід гальмівного барабана, поверхневий та під поверхневий шар, температурні градієнти, сітка мікротріщин, зародження та розвиток мікротріщин*

A.Volchenko, N.Kashuba, A.Voznyj

FRICTION INTERCATION OF THE THERMAL STRESSED RIMS OF THE BRAKING DRUMS

We've illustrated frictional interaction thermostressed rims of brake drums of vehicles and shown their assessment and determined the influence of design and operational parameters of brake friction pairs on it. The largest thermal stresses are on friction surface. Cyclic thermal loads cause fatigue stress. During heating of rim brake drum surface layers expansion causes compressive stress which are counterbalanced by tensile stresses in its central part. Following the shift in compression the working surface of the rim cracks, the most dangerous type of fracture corresponds to the development of cracks on the inside of subsurface layer of rim, representing the tensile region. When working surface of the rim of the drum is force cooling, the tightness of its surface layer causes expansion of the subsurface layer of the rim of the drum. We' he shown questions: the formation of the stress state of the rim of the brake drum, the analytical determination of residual stresses in the rim of the brake drum, the impact of constructive and operational parameters on the stress state of the rim of the drum, the evaluation of thermal stresses of rim of brake drums.

Keywords: *frictional interaction, friction pair, rim of brake drum, surface and subsurface layer, temperature gradients, mesh of microcracks, initiation and development of microcracks.*

Введение. Работоспособность фрикционного узла ограничивается по критериям трещинообразований на рабочей поверхности обода тормозного барабана, которые являются следствием энергонагруженности и термонапряжений.

Наибольшие тепловые напряжения испытывает поверхность трения. Циклическое действие тепловых нагрузок вызывает усталостные напряжения. При нагревании обода тормозного барабана расширение поверхностных слоев вызывает напряжение сжатия, которые уравновешиваются растягивающими напряжениями в его центральной части. Вследствие сдвига при сжатии может растрескиваться рабочая поверхность обода, наиболее опасный вид разрушения соответствует развитию трещин с внутренней стороны подповернхостного слоя обода, представляющего собой растягивающую область. Когда вынужденно охлаждается рабочая поверхность обода барабана, то стеснение его поверхностного слоя вызывает растяжение подповерхностного слоя обода барабана.

Состояние проблемы. Поскольку температура вспышки на фактических пятнах контактов микровыступов пар трения, существует недолго (10-3-10-6) с, то, следовательно, важное значение имеют не свойства статической прочности поверхностного слоя материала пары трения, а свойства его сталостной прочности, если учесть, что кристаллическая решетка твердого тела реагирует на воздействия через 10-5-10-8 с. Поэтому перестройка поверхностного и под-

©А.И.Вольченко, Н.В.Кашуба, А.В.Возный

поверхностного слоев бода тормозного барабана происходит под воздействием внешних тепловых нагрузок, именно в процессе установления температурного поля, и к моменту достижения установившейся температуры поверхностный слой уже находится под действием тех или иных остаточных напряжений.

Влияние темпов тепловых процессов обуславливает существенное изменение глубины и характера структурных превращений и физико-механических свойств материалов обода тормозного барабана.

В последнее время в отечественных и зарубежных источниках мало внимания уделено термонапруженности ободов тормозных барабанов колесных тормозных механизмов транспортных средств. Однако процессам термонапруженности тормозных дисков тормозов и возникновению на рабочих поверхностях дисков макротрещин посвящено ряд работ [1, 2, 3]. При этом установлено, что возникновению макротрещин всегда предшествует появление пятен прижогов-следов локальных перегревов поверхности трения. Именно по этим местам прежде всего появляется сетка микротрещин, по которой затем развиваются радиально ориентированные макротрещины. Эти трещины служат зародышами для, возникновения магистральных трещин. Путь единичных и магистральных трещин проходит по границам ячеек сетки микротрешин, чем и объясняется их извилистая траектория.

Исследования зарождения и развития микротрещин на рабочих поверхностях ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки занимался В.Г. Кудин. Однако им не было установлены закономерности влияния конструктивных и эксплуатационных параметров пар трения тормоза на термонапряженность рабочих поверхностей ободов барабанов, и как следствие, на трещинообразование.

Цель работы – оценить теромнапряженность ободов тормозных барабанов транспортных средств и установить влияние на нее конструктивных и эксплуатационных параметров пар трения тормоза.

Формирование напряженного состояния обода тормозного барабана. Одной из основных причин возникновения трещин на рабочих поверхностях ободов тормозных барабанов и возможного зарождения и развития трещин на их рабочей поверхности в процессе эксплуатации является наличие в них значительных остаточных напряжений. Последние вызваны необратимыми объемными изменениями в материалах обода барабана, связанных с пластической деформацией его поверхностного слоя под воздействием апериодических процессов нагревания и вынужденного охлаждения. Однако существенное влияние на формирование остаточных напряжений в ободе тормозного барабана оказывают как конструктивные так и эксплуатационные параметры. К конструктивным параметрам следует отнести:

- толщину и ширину обода тормозного барабанаа и радиус его рабочей поверхности;
- толщину фланца обода тормозного барабана и его место расположения по отношению к ширине обода;
- отношение площадей поперечного сечения обода тормозного барабана к его фланцу.

К эксплуатационным параметрам металлополимерных пар трения барабанно-колодочного тормоза транспортного средства необходимо отнести:

- действующие удельные нагрузки в парах трения;
- поверхностная и объемная температуры: рабочей и внутренней поверхности обода; средняя объемная обода и фланца барабана;
- градиенты температуры по рабочей поверхности обода и его толщине, а также по толщине фланца барабана;
- темпы нагревания и вынужденного охлаждения обода барабана и его фланца.

Из физико-механических свойств материалов обода барабана необходимо выделить параметры: коэффициент линейного расширения и модель упругости. При этом на физико-механические свойства материалов обода барабана существенное влияние оказывает импульсный и длительный подвод теплоты к его рабочей поверхности.

В процессе электротермомеханического трения при импульсной и длительной передаче теплоты от слоя к слою обода барабана существенную роль играет их термическое сопротивление. Чем больше расстояние от рабочей поверхности обода барабана до его середины, тем меньше внутреннее термическое сопротивление из-за ослабления теплового тока, прошивающего толщину очередного слоя обода.

©А.И.Вольченко, Н.В.Кашуба, А.В.Возный

Величина поверхностной температуры зависит не только от количества апериодических торможений, выполняемых барабанно-колодочным тормозом транспортного средства, но и от физико-химических свойств подповерхностных слоев их металлополимерных пар трения. Установлено, что в начале торможения генерируемая электрическая и тепловая энергия затрачивается на прогрев обода барабана. При этом прирост температуры в ободе барабана является минимальным, но зато в дальнейшем он возрастает за счет увеличения времени торможения и слабой вынужденной конвективной и радиационной теплоотдачи от матовых поверхностей барабана скоростными токами омывающей среды. Причиной является увеличение работы торможения, выполняемой узлами трения и способствующей полному прогреву обода барабана в процессе торможения транспортного средства. Таким образом, на начальной стадии торможения, в большинстве случаев необходимо регулировать величину градиента температуры по толщине обода барабана (поперечное регулирование). В дальнейшем, при полном прогреве обода барабана будет наблюдаться, в основном, прирост температуры на его рабочей поверхности обода барабана, а, следовательно, и величины поверхностного градиента температуры (продольное регулирование).

Что касается фланца обода тормозного барабана, то его роль в процессах теплообмена является особой. Сток теплоты от обода тормозного барабана к фланцу и далее к ступице колеса транспортного средства. В этом случае градиент температуры по толщине обода барабана и его фланца является максимальным. При этом необходимо иметь ввиду что обод тормозного барабана выполнен как одно целое с фланцем, который, в свою очередь, крепится к металлоемкой ступице заднего моста транспортного средства. От плотности крепления, а следовательно, и теплового кондуктивного теплообмена и зависит энергонагруженность металлоемкости фланца барабана которое и вызывает перераспределение тепловых токов не только в ободе, но и в его фланце. При этом прогрев фланца обода барабана происходит быстрее самого обода, поскольку металлоемкость первого в десятки раз меньше за металлоемкость обода. Однако фланец обода барабана может играть определенную роль в возникновении обратного знака температурного градиента за счет вынужденного охлаждения рабочей поверхности обода барабана при деструктивных изменениях в поверхностных слоях фрикционных накладок, достигших температур выше допустимых для их материалов. При этом обод тормозного барабана попадает в зону термостабилизационного состояния, которое в зависимости от металлоемкости обода может составить от трех до десяти минут [6]. Такое состояние обода тормозного барабана отрицательно сказывается на эффективность действия металлополимерных пар трения барабанно-колодочного тормоза транспортного средства.

Напряженное состояние обода тормозного барабана формируется из следующих слагаемых:

- динамического – от действия удельных нагрузок в металлополимерных парах трения;
- теплового – от наличия действия температурных градиентов по толщине в парах «наружная поверхность обода барабана – верхний торец фланца обода» и «верхний торец фланца обода – нижний торец фланца барабана», а также поверхностных градиентов при отношении площади поперечного сечения обода барабана к его фланцу.

На основании вышеизложенного перейдем к аналитическому определению остаточных напряжений в ободе тормозного барабана.

Аналитическое определение остаточных напряжений в ободе тормозного барабана. Остановимся на определении составляющих сжимающих напряжений, действующих на рабочую поверхность обода барабана в процессе торможений. Максимальные сжимающие напряжения $\sigma_{1\max}$ в ободе барабана будет на его рабочей поверхности и они равны алгебраической сумме составляющих

$$\sigma_{1\max} = \sigma_к + \sigma_1 + \sigma_2, \tag{1}$$

где $\sigma_к, \sigma_1, \sigma_2$ - напряжения в ободе барабана от действия: удельных нагрузок в парах трения; температурных градиентов на его рабочей поверхности; объемной температуры: фланца ($t_ф$) и обода барабана ($t_{об}$) при условии ($t_{об} > t_ф$).

$$\sigma_к = \frac{pR}{\delta}, \tag{2}$$

где p – удельные нагрузки в металлополимерных парах трения; R, δ – радиус рабочей поверхности обода барабана и его толщина.

$$\sigma_1 = \frac{\alpha E\left(t_1 - t_1^{'}\right)}{2(1-\mu)}, \tag{3}$$

где α – коэффициент линейного расширения; E – модуль упругости; t_1, $t_1^{'}$ - температуры: рабочей и внутренней поверхности обода барабана; μ - коэффициент Пуассона.

$$\sigma_2 = \frac{\alpha E\left(t_{1ср} - t_{2ср}\right)}{1 + A_1 / A_2}, \tag{4}$$

где $t_{1ср}$, $t_{2ср}$ – объемная температура обода и фланца барабана; A_1, A_2 – площади поперечных сечений обода и фланца барабана.

Для более точного определения составляющих σ_1 и σ_2 в зависимости (3) вместо $\left(t_1 - t_1^{'}\right)$ можно подставить слагаемое $\tau\left(\frac{\partial t_1}{\partial \tau_1} - \frac{\partial t_1^{'}}{\partial \tau_1^{'}}\right)$ (где τ – время торможения; τ_1, $\tau_1^{'}$ - время достижения температур t_1 и $t_1^{'}$) которое характеризует темп нагревания обода барабана, а в зависимость (4) вместо $\left(t_{1ср} - t_{2ср}\right)$ - $\delta_{ср}\left(\frac{\partial t_{1ср}}{\partial \delta_1} - \frac{\partial t_{2ср}}{\partial \delta_2}\right)$ (где δ_1, δ_2, $\delta_{ср}$ – толщины: фланца барабана в сопряжении с его ободом и нижнего торца фланца; их средняя величина), которая характеризует температурные градиенты по толщине рассматриваемых элементов.

При определении общей температуры, генерируемой на пятнах контактов микровыступов, имеющих дискретные характеристики с различной энергетической активностью, расположенных на них микро-конденсаторов и –термобатарей с мгновенным их переключением при поляризации за счет изменения площадей пятен контактов микровыступов при соблюдении условий на первой стадии фрикционного взаимодействия (A_r<<A_a), когда фактическая площадь контактирования (A_r) мала по сравнению с номинальной (A_a) производится суммирование составляющих генерируемых токов а при $A_a \rightarrow A_r$ фиксируется трибоЭДС в сопряжении с переменным градиентов механических свойств его материалов и при этом темп проникновения взаимодействующих между собой импульсов электрического и теплового токов влияет на интенсивность износа микровыступов при переполяризации, а величины тепловых токов на пятнах контактов микровыступов определяются формулой

$$t_{общ} = t_{П} + t_{всп} + t, \tag{5}$$

где $t_{П}$ - поверхностная температура от трения и контактного сопротивления, вызванная генерируемыми токами на пятнах контактов микровыступов, а также фрикционной составляющей; $t_{всп}$ — температура вспышки, вызванная разрядными токами между микровыступами; t - объемная температура, вызванная действием первых двух составляющих температур, а также от джоулевой теплоты.

Температура $t_{П}$ определяется из условия действия двух источников теплоты (электрического и фрикционного) в зоне трения

$$t_{П} = \frac{0{,}942 q_0 k}{\lambda_1}\sqrt{\frac{k_м d_{ср}}{\pi V}}, \tag{6}$$

где $q_0 = \frac{1}{A_r}\left[I^2\left(\frac{\rho\sqrt{HB}}{\sqrt{\pi N}} + \frac{\sigma HB}{N}\right) + fNV\right]$ - тепловой поток на контактной поверхности с учетом электрической и фрикционной составляющий, Вт/м^2; A_r - фактическая площадь касания, мм^2; I- генерируемый ток в парах трения, А; ρ – удельное сопротивление контактных материалов, (Ом·мм^2)/м; НВ – приведенная твердость по Бринеллю контактных материалов, МПа; N – импульсное нормальное усилие, действующее в зоне контакта материалов, Н; σ - удельное сопротивление пленок на контакте, (Ом·мм^2)/м; f - динамический коэффициент трения; V - скорость скольжения, м/с; k – приведенный коэффициент распределения теплового потока; $k_м$ – коэффициент распределения теплового потока, попадающего в металлический

фрикционный элемент; λ_1 - приведенный коэффициент теплопроводности материалов пар трения, Вт/(м·°С); $d_{ср}$ - средний диаметр пятна контакта, определяемый с учетом реальной его шероховатости, мм.

Температуру вспышки $t_{всп}$ определяют по зависимости вида [4]

$$t_{всп} = \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \frac{fNd_{ср}}{A_\tau \lambda_1 \left[4 + (\pi Pe)^{\frac{1}{2}}\right]}, \quad (7)$$

где A_τ - фактическая площадь контакта, которая представляет собой сумму элементарных пятен касания, мм^2; $Pe = \frac{V \cdot d_{ср}}{a}$ - критерий Пекле; a - приведенный коэффициент температуропроводности материалов пар трения, м/с^2.

Объемная температура металлического фрикционного элемента определяется из условия равенства тепловых потоков на контактной поверхности с учетом электрической и фрикционной составляющей при условии, что часть энергии отводятся от его поверхностей скоростными токами омывающей среды

$$t = \frac{4I^2\rho}{\pi^2 d_{ср}^3 k_м \cdot 10^2}, \quad (8)$$

и в конечном итоге общая температура контактных поверхностей металлополимерных пар трения равна

$$t_{общ} = \frac{0{,}942 q_0 k}{\lambda_1}\sqrt{\frac{k_м d_{ср}}{\pi V}} + \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \frac{fNd_{ср}}{A_\tau \lambda_1 \left[4 + (\pi Pe)^{\frac{1}{2}}\right]} + \frac{4I^2\rho}{\pi^2 d_{ср}^3 k_м \cdot 10^2}, \quad (9)$$

по составляющих которой оценивают энергетические уровни поверхностных и подповерхностных их слоев.

Остаточные напряжения $\sigma_{ост}$ в ободе барабана от действия динамических, электрических и тепловых нагрузок определяются в соответствии с теоремой Генки

$$\sigma_{ост} = (-\sigma_T) - (-\sigma_{1\max}), \quad (10)$$

где σ_T - предел текучести металла при исследуемой температуре.

На основании вышеизложенного перейдем к рассмотрении влияния конструктивных и эксплуатационных параметров на напряженное состояние обода тормозного барабана.

Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров на напряженное состояние обода барабана. Одним из основных эксплуатационных параметров для ободов тормозных барабанов являются его поверхностные и по толщине температурные градиенты, развивающиеся при фрикционном взаимодействии металлополимерных пар трения.

Энергонагруженность металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств была раскрыта в работе [1]. В последней было уделено внимание импульсному и длительному подводу теплоты за различное время к парам трения и установлена взаимосвязь между темпом нагревания и поверхностными и по глубине температурными градиентами обода тормозного барабана.

Произведем анализ закономерностей изменения сжимающих напряжений обода барабана в интервале от 350,0 до 100,0 МПа, полученных расчетным путем по зависимостям (1)-(4) и на основании которых были построены графические зависимости с учетом конструктивных и эксплуатационных параметров пар трения при фрикционном взаимодействии, исходя из следующих соображений и при этом:

1) переменными параметрами являются удельные нагрузки (p=0,2-0,6 МПа), объемная температура ($t_{об}$=30,0-120,0°С), радиус рабочей поверхности обода барабана (R=0,15-0,35м) и его толщины (δ=12,0-20,0мм), а постоянной величиной являлось отношения площади поперечного сечения крепежного выступа обода к фланцу барабана (A_1/A_2=0,5);

2) переменными параметрами являются удельные нагрузки (p=0,2-0,6 МПа), объемная температура ($t_{об}$) для каждого из случаев ее действие в отдельности (30; 60; 90 и 120 °С), радиус рабочей поверхности обода барабана (R=0,15-0,35м) и отношение площади поперечного сече-

ния крепежного выступа обода к фланцу барабана (A_1/A_2=0,25-1,0), а постоянной величиной являлась толщина обода барабана (δ=16,0мм);

3) переменными параметрами являются удельные нагрузки (p=0,2-0,6 МПа), объемная температура ($t_{об}$) для каждого из случаев ее действие в отдельности (30; 60; 90 и 120 °С), радиус рабочей поверхности обода (R=0,15-0,35м) и его толщины (δ=12,0-20,0мм), а постоянной величиной являлось отношения площади поперечного сечения крепежного выступа обода к фланцу барабана (A_1/A_2=0,5);

4) переменными параметрами являются удельные нагрузки (p=0,2-0,6 МПа), объемная температура ($t_{об}$=30,0-120,0°С), отношение площади поперечного сечения обода к фланцу барабана (A_1/A_2=0,25-1,0), а постоянными величинами являются радиус рабочей поверхности обода барабана (R=0,25м) и его толщина (δ=20,0мм) [см. рис. 1 *а*, *б*, *в*, *г*].

Проведем сравнительный анализ вариантов взаимосвязи конструктивных и эксплуатационных параметров тормозных барабанов на основании построенных графических зависимостей, который позволил установить следующее:

- максимальные сжимающие напряжения σ_{1max} имели наибольшую величину 279,0 МПа при удельных нагрузках в парах трения p=0,6 МПа, при толщине обода барабана δ=12,0мм и его радиусе рабочей поверхности R=0,35м и объемной температуре 30,0°С, при изменении удельных нагрузок от 0,2 до 0,6 Мпа; наблюдалось падение максимальных сжимающих напряжений σ_{1max} от 279,0 до 85,0 МПа в ободе барабана с толщиной δ=20,0мм (R=0,15м) и повышении его объемной температуры от 30,0 до 120,0°С, т.е. удельные нагрузки почти не оказали влияние на максимальные сжимающие напряжения σ_{1max}, а также постоянная величина отношения A_1/A_2=0,5 (первый вариант);

- максимальные сжимающие напряжения σ_{1max} имели наибольшую величину 286,2 МПа при удельных нагрузках в парах трения p=0,6 МПа, при толщине обода барабана δ=12,0мм и его радиусе рабочей поверхности R=0,35м и объемной температуре 30,0°С при величине отношения площади поперечного сечения обода барабана к его фланцу A_1/A_2=0,25; при этом с повышением объемной температуры обода барабана и увеличения отношения A_1/A_2 до 1,0 имела место тенденция снижения максимальных сжимающих напряжений σ_{1max} до величины 77,8 МПа (второй вариант);

- максимальные сжимающие напряжения σ_{1max} имели наибольшую величину 283,3 МПа при удельных нагрузках в парах трения p=0,6 МПа, при толщине обода барабана δ=12,0мм и его радиусе рабочей поверхности R=0,35м и объемной температуре 30,0°С при постоянной величине отношения A_1/A_2=0,5; при этом увеличение толщины обода барабана от 12,0 до 20,0мм с ростом его объемной температуры от 30,0 до 120,0 способствовало снижению максимальных сжимающих напряжений σ_{1max} до величины 85,0 МПа (третий вариант);

- максимальные сжимающие напряжения σ_{1max} были наибольшими т.е. 276,2 МПа при удельных нагрузках в парах трения p=0,6 МПа, при толщине обода барабана δ=20,0мм и его радиусе рабочей поверхности R=0,25м и объемной температуре 30,0°С при величине отношения площади поперечного сечения обода барабана к его фланцу A_1/A_2=0,25; при этом с повышением объемной температуры обода барабана с 30,0 до 120°С при удельной нагрузке в парах трения p=0,6 МПа и при достижении A_1/A_2=1,0 наблюдалось снижение максимальных сжимающих напряжений σ_{1max} до величины 82,8 МПа (четвертый вариант); апробированные конструктивные и эксплуатационные параметры барабана полностью отвечают заднему тормозному механизму транспортного средства МАЗ 551605-371.

Оценка термонапряженности ободов тормозных барабанов. Сопротивление материала тепловому импульсу понимается как стойкость материала в условиях мгновенной генерации электрических и тепловых токов. Проблема сопротивления тепловому импульсу, действующему на подповерхностный слой материалов обода барабана, и тепловым напряжениям сводится к определению максимальных тепловых напряжений, обусловленных температурным полем материалов. При тепловом импульсе тепловые напряжения возникают под действием переменных температурных градиентов, которые носят поверхностный и глубинный характер; при этом важное значение приобретает темп нагревания подповерхностных слоев обода барабана, находящихся под его рабочей поверхностью, посредством тепловых импульсов.

Решающим фактором в зарождении и развитии трещин на рабочей поверхности ободов является отношение сопротивления трещинообразованию к максимальному тепловому напряжению [5]

$$S=\sigma_0/\sigma, \qquad (11)$$

где S – величина сопротивления тепловому удару; σ_0, σ – напряжения: сопротивления трещинообразованию; максимальное тепловое.

Если S>1,0 поверхностный и подповерхностный слой материалов обода барабана не разрушается.

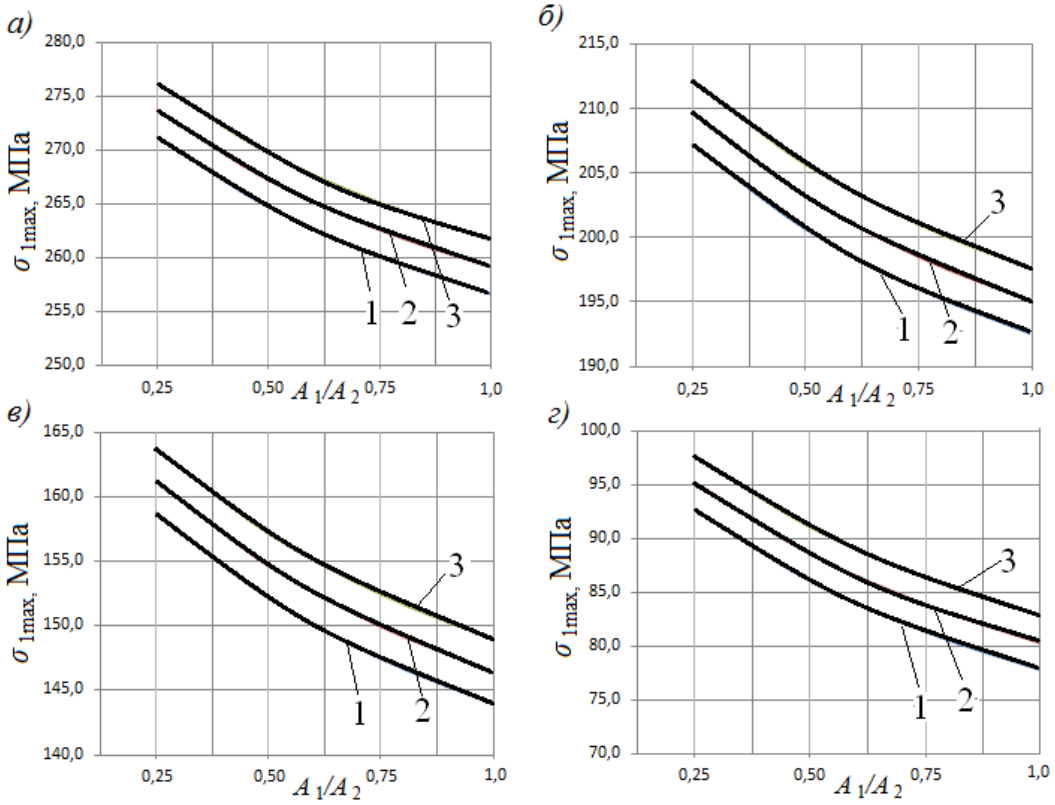


Рис. 1 *а, б, в, г* **Зависимость максимальных сжимающих напряжений σ_{1max} от величины отношения площадей поперечного сечения обода к фланцу барабана A_1/A_2 при: постоянных толщине обода (δ = 20,0 мм) и его радиуса (R = 0,25 м), и переменных: объемной температуры: *а* - $t_{об}$ = 30°С, *б* - $t_{об}$ = 60°С; *в* - $t_{об}$ = 90°С; *г* - $t_{об}$ = 120°С; удельных нагрузках: 1 - p = 0,2 МПа, 2 - p = 0,4 МПа, 3 - p = 0,6 МПа**

На рис. 2 проиллюстрирована зависимость напряжений сопротивления трещинообразованию (σ_0) от объемной температуры обода барабана ($t_{об}$) и величины сопротивления тепловому удару (S). В интервале объемных температур от 30,0 до 120,0°С обода барабана суммарные остаточные тепловые напряжения изменяются от 83,6 до 262,2 МПа и при S=1,0 они равны напряжениям сопротивления трещинообразованию (σ_0). При S=0,2-0,8 напряжения сопротивления трещинообразованию изменяются от 16,7 до 209,8 МПА, которые будут способствовать зарождению и развитию микротрещин на рабочей поверхности обода барабана.

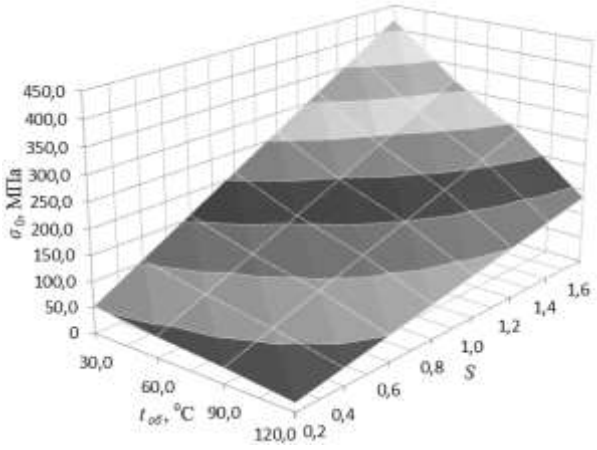


Рис. 2 **Зависимость напряжений сопротивлению трещинообразования (σ_0) от объемной температуры обода барабана ($t_{об}$) и величины сопротивления тепловому удару (S)**

Исходя из вышеизложенного, повышение работоспособности ободов барабанов барабанно-колодочного тормоза транспортного средства достигается за счет:

- снижения остаточных тепловых напряжений в ободе барабана, как путем уменьшения поверхностных допустимых температур для материалов фрикционной накладки для предохранения возникновения деструктивных процессов и сетки трещин на рабочих поверхностях ободов барабанов;

- снижения металлоемкости ободов тормозных барабанов путем: уменьшения их толщины; выполнение разборными или их устранением с процесса электротермомеханического трения.

Выводы. Таким образом, показана энергонагруженность металлополимерных пар трения барабанно-колодочного тормоза транспортного средства и оценены максимальные сжимающие напряжения действующие на рабочую поверхность обода барабана и раскрыта природа зарождения и развития трещин в его поверхностном и подповерхностном слое при росте энергетической нагруженности пятен контактов микровыступов, что позволяет прогнозировать работоспособность металлополимерных пар трения тормоза.

1. Поляков П.А. Повышение эффективности тяжелонагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: дисс. … канд. техн. наук: 05.02.02 / Поляков Павел Александрович. - Краснодар, 2013. – 157с.
2. 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. – 164с.
3. Турков А.И. Исследование, выбор параметров и разработка основ конструирования фрикционной пары дискового тормоза железнодорожного подвижного состава: дисс. … докт. техн. наук: 05.05.01 / Турков Аркадий Иосифович. - Хабаровск, 1982. – 357с.
4. Поверхностная прочность материалов при трении / Под общ. редакц. Б.И. Костецкого. – Киев: Техника, 1976. – 296с.
5. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия / И.Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 475с.

Стаття надійшла до редакції 08.04.2014.

УДК 621.825.54.001.2

Н.А.Вольченко, В.Я.Малык, П.С.Красин
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНЫХ БАРАБАНОВ КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Проиллюстрирована методика определения геометрических параметров дисков, являющихся составными элементами ободов тормозных барабанов и шкивов, исходя из их энергоемкости. На основании данных, полученных теоретическим и экспериментальным путем, построены графические зависимости геометрических и эксплуатационных параметров тормозных барабанов.

Ключевые слова: *диск, геометрические параметры, поверхностная температура, тормозные устройства: барабанно,- ленточно,- и дисково-колодочные*

Форм 9. Рис. 4. Лит 6.

М.О.Вольченко, В.Я.Малик, П.С.Красін

ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬМІВНИХ БАРАБАНІВ КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Проілюстрована методика визначення геометричних параметрів дисків, які є складовими елементами ободів гальмівних барабанів та шківів, виходячи із їхньої енергоємності. На основі даних, отриманих теоретичним та експериментальним шляхом, побудовані графічні залежності геометричних та експлуатаційних параметрів гальмівних барабанів.

Ключові слова*: диск, геометричні параметри, поверхнева температура, гальмівні пристрої: барабано,- стрічково,- та стрічково-колодкові.*

N.Volchenko, V.Malyk, P.Krasin

ON THE PROBLEM OF FORECASTING MECHANICAL PARAMETERS OF THE BRAKING DRUMS OF THE BLOCK BRAKES OF THE VEHICLES

The paper demonstrates the methodology of determining the geometric parameters of the disks which are part of the rims of the braking drums and pulleys and are based on their power intensity. There are lots of requirements to the friction assemblies of the braking devices that can provide traffic and braking safety, adherence to the ever-increasing normative requirements to the allowed braking magnitude, braking and deceleration time. The general trend in the development and improvement of the modern vehicles is the increase of the capacity and movement speed. Hence, the problem of the brakes is relevant and it is necessary to create new kinds of friction assemblies and to improve the existing ones. Therefore, the questions related to their strength and reliability are getting more and more important. The attention should be paid to the disks that are largely determined by the values of the mechanical and thermal tension occurring during the braking process in the contact zone of the braking disk and shoe. This tension depends on the external and internal radius of the disk and its thickness. In addition, the article evaluates the energy loading of the disk, the rim components of the braking drum during the braking process with the choice of its rational geometrical parameters. The author carries out theoretical and experimental investigation of the disk energy loading. The study is based on the assumption that the heat, generated during the braking process, is distributed in the disk material in the radial and axial directions simultaneously. It allows to get an accurate image of its distribution and determine the maximum heating temperature. The recommendations to the sequence of the determination of the braking disk size are outlined. Taking into consideration the data obtained experimentally and theoretically, the graphic representation of the geometric and operating parameters of the braking drums are made. The research results are relevant, since they allow to design new friction assemblies of the drum-shoe brakes of the vehicles.

Keywords: *disc, geometric parameters, surface temperature, braking devices: drum-brakes, band-brakes and disk-shoe brakes.*

Введение. Общей тенденцией развития и усовершенствования современных транспортных средств является повышение мощности и увеличения скорости движения, что обусловливает актуальность проблемы торможения в свете необходимости создания новых и усовершенствование фрикционных узлов тормозов, базирующихся на совершенствование методов их расчета. Благодаря ряду преимуществ по сравнению с барабанно-колодочными тормозами, присущих дисково-колодочным тормозным устройствам, наблюдается расширение их использования в автомобилестроении. Поэтому преобритают первостепенную возможность вопросы, связанные с повышением их прочности и надежности, в первую очередь дисков, которые в значительной мере определяются величинами механического и термического напряжения, возникающих при торможении в зоне контакта тормозного диска и колодочки. Указанные напряжения зависят от внешнего и внутреннего радиуса диска и его толщины.

Состояния проблемы. К фрикционным узлам тормозных устройств транспортных средств предъявляется достаточно жесткий перечень требований, который в совокупности

©Н.А.Вольченко, В.Я.Малык, П.С.Красин

должен обеспечить безопасность движения (сохранность пассажиров и грузов) и безопасность при торможении, соблюдать постоянно возрастающие нормативные требования к величине тормозного пути, времени торможения и замедлению, которые допускаются. В условиях повышения скоростей движения и увеличивающихся удельных нагрузок в парах трения тормоза развиваются поверхностные температуры (300 - 500˚С), повышающие допустимые для материалов фрикционные накладки и как следствие, наблюдается потеря эффективности при нестабильном тормозном моменте [1, 2]. Немаловажную роль в этих условиях отводится тормозному барабану, который имеет завышенную металлоемкость, а следовательно, и энергоемкость.

Расчетам геометрических параметров тормозных барабанов транспортных средств посвящена работа [3]. В последней тормозной барабан разбивался на цилиндрические диски и на основе многокритериального проектирования и геометрического программирования определялись внешний и внутренний радиус и толщина диска. Однако при этом не была учтена энергонагруженность дисков, имеющим рациональные геометрические параметры. Аналогичным образом поступали и применительно к тормозным шкивам буровых лебедок [4]. Последние не только являются энергонагруженными в процессе торможения, но и имеют большие остаточные тепловые напряжения, способствующие зарождению и развитию сетки трещин на рабочей поверхности и в подповерхностных слоях обода шкива, и как следствие, вызывающих его разрыв. Важно знать рациональные геометрические параметры тормозных дисков, которые термоизолированы между собой и являются элементами составного обода шкива в термоэлектродинамической системе его принудительного охлаждения [5]. Наиболее нагруженными являются фрикционные пары дискового тормоза (особенно диск) железнодорожного подвижного состава из-за скоростей движения и развиваемой кинетической энергии, и как следствие, реализуемых удельных нагрузок в трибосопряжении тормоза [6].

Цель работы – оценка энергонагруженности дисков, составляющих обод тормозного барабана в процессе торможения с выбором его рациональных геометрических параметров.

Теоретические и экспериментальные исследования энергонагруженности дисков. Исследование основано на утверждении, что теплота, генерируемая при торможении, распределяется в материале диска одновременно в радиальном и осевом направлениях, что позволяет получить довольно точную картину ее распределения и определить максимальную температуру нагревания. Теплопроводность изотропного твердого тела описывается дифференциальным уравнением, представленному в цилиндрической системе координат:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho}\left(\frac{\partial^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right), \quad (1)$$

где T – температура; t – время; λ, c и ρ – коэффициент теплопроводности, теплоемкость и плотность материала диска; *r*, θ, z – цилиндрические координаты.

Диск в цилиндрической системе координат показан на рис. 1, где обозначено: 1 – диск; 2 – соприкасающиеся диски; p – удельная нагрузка; ω – угловая скорость вращения дисков.

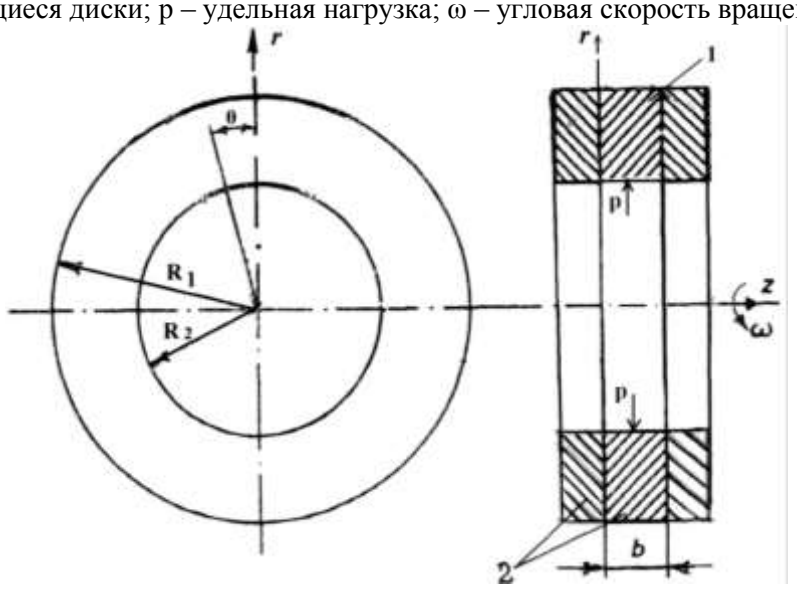


Рис. 1 **Цилиндрическая система координат применительно к металлическим дискам**

Если за время торможения диски совершают несколько оборотов, то распределение теплоты будет равномерным по окружности, т.е. ни температура, ни поток теплоты не будут изменяться в направлении θ. Тогда уравнение (1) записывается в виде

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho}\left(\frac{\partial^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right), \qquad (2)$$

т.е. задача из трехмерной превращается в двухмерную с использованием координат *r* и *z*, причем площадь поперечного сечения, в котором исследуется распределение теплоты, ограничена радиусом R_1 и толщиной b диска. Уравнения (1) и (2) составлены с учетом предположения, что величина коэффициента теплопроводности λ материала диска не зависит от температуры. Исследования показывают, что температура пропорциональна величине $(\lambda c\rho)^{-0,5}$, а для ряда материалов (λcρ) почти не зависит от температуры.

Начальными условиями являются: по температуре T=0 и по времени t=0. Считаем, что объемная температура возрастает. Реальная температура диска определяется перед торможением и считается одинаковой в любой точке сечения диска. Граничное условие при решении уравнения (2) – величина l_n - количество тепловой энергии, протекающей через единицу площади поверхности диска

$$l_n = -\lambda\frac{\partial T}{\partial n},$$

где n – внешняя нормаль к поверхности; для изолированных поверхностей l_n= 0, тогда

$$\lambda\frac{\partial T}{\partial n} = 0.$$

Для поверхностей, нагревающихся при торможении, $l_n = \frac{E_S}{A}$, где E_S - мощность, передаваемая через единицу поверхности; A -площадь поверхности. В развернутом виде

$$l_n = \frac{2W_S}{\pi\left(R_1^2 - R_2^2\right)t_b^2}\left(t_b - t\right), \qquad (3)$$

где W_S - энергия, передаваемая через поверхность при торможении; t_b – полное время торможения.

В середине диска $z = b/2$, тогда $\frac{\partial T}{\partial z} = 0$. Для использования полученных результатов при исследовании различных типов дисков, уравнения (1), (2) и (3) приведены к безразмерному виду при использовании относительных величин:

$$r_0 = \frac{r}{R_1},\ z_0 = \frac{z}{R_1},\ t_0 = \frac{t\lambda}{c\rho R_1^2}, \qquad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t_0} = \frac{\partial^2 T}{\partial r_0^2} + \frac{1}{r_0}\frac{\partial T}{\partial r_0} + \frac{\partial^2 T}{\partial z_0^2}. \qquad (5)$$

Из (4) $$z = z_0 R_1;\quad t = \frac{t_0 c\rho R_1^2}{\lambda}.$$

Приняв $R_0 = \frac{R_2}{R_1}$, можно записать

$$-\frac{\partial T}{\partial z_0}\frac{\left(1 - R_0^2\right)t_b^2\lambda^2}{W_S c\rho R_1} = \frac{2}{\pi}\left(t_{0b} - t_0\right). \qquad (6)$$

Безразмерная температура

$$T_0 = \frac{T\left(1 - R_0^2\right)t_b^2\lambda^2}{W_S c\rho R_1}. \qquad (7)$$

Тогда уравнение (2) может быть записано в виде

$$\frac{\partial T_0}{\partial t_0} = \frac{\partial^2 T_0}{\partial r_0^2} + \frac{1}{r_0}\frac{\partial T_0}{\partial r_0} + \frac{\partial^2 T_0}{\partial z_0^2}. \qquad (8)$$

При начальных условиях T_0 = 0, t_0 = 0 и граничных условиях

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial T_0}{\partial z_0} &= \frac{2}{\pi}\left(t_{0b} - t_b\right) \text{ при } z_0 = 0 \\ \text{и} & \\ \frac{\partial T_0}{\partial z_0} &= \frac{2}{\pi}\left(t_{0b} - t_0\right) \text{ при } z_0 = b_0, \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

где $b_0 = \frac{b}{R}$ - безразмерный параметр диска (относительная толщина диска).

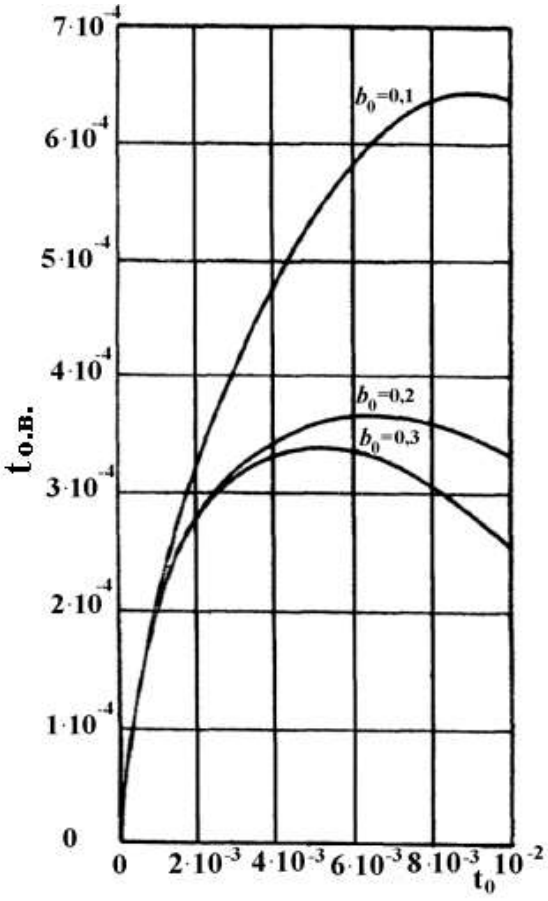


Рис. 2 **Закономерность распределения поверхностной температуры за время торможения в функции t_0 для полного времени торможения $t_{о.в}=10^{-2}$ при различных относительных толщинах диска**

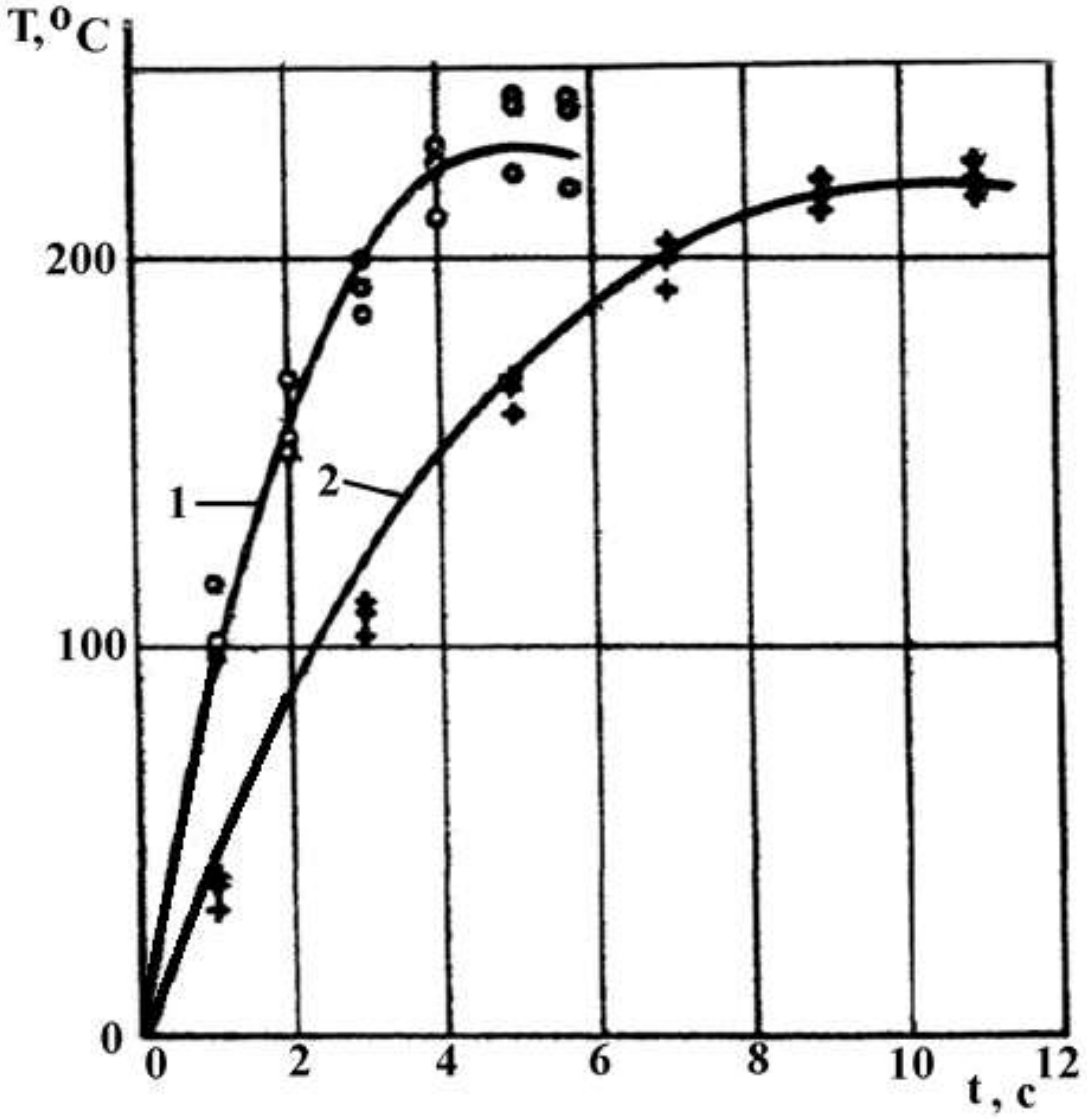


Рис. 3 **Закономерности изменения поверхностной температуры диска от времени при: t_b = 5,75 с – кривая 1; t_b = 11,5 с – кривая 2 (расчетных и экспериментальных данных)**

Для значений b_0=0,2 и $t_{o.в.} = 10^{-2}$ при различных R_0 и T_{0max}, были выполнены вычисления, показавшие, что T_{0max} почти не зависит от R_0. При всех вычислениях была получена величина R_0 = 0,6 (0,6215).

По результатам вычислений построены графики распределения температуры на поверхности диска. На рис. 2 показано распределение максимальной температуры за время торможения в функции t_0 для полного времени торможения $t_{0b} = 10^{-2}$ при различных относительных толщинах b_0. На рис. 3 показано распределение температуры T_0 в теле тормозного диска в зависимости от t_0 при b_0 = 0,2 и $t_{o.в.} = 10^{-2}$.

Проведенные экспериментальные исследования нагревания тормозных дисков при следующих исходных данных: R_1=0,136 м; R_2 = 0,0858 м; R_0=0,63; b=0,0128 м; b_0 = 0,094; W_S = 202500 Н·м; λ = 59 Вт/(м·°С); с=500 Дж/(кг· °С); ρ = 7500 кг/м^3. Сравнительные результаты испытаний и вычислений показаны на рис. 3 в виде серий точек и двух кривых, построенных для различного времени торможения t_b = 5,75 с (кружочки) и t_b = 11,5 с (крестики). Графики показывают хорошую сходимость результатов вычислений и эксперимента. Аналогичные результаты получены также при различных относительных толщинах b_0.

При наличии ограничений пространства, в котором работает тормоз, и если величины W_S и t_b известны, то определение размеров тормозного диска выполняется в следующей последовательности:

- выбирается максимально возможный радиус R_1 ;
- выбирается наименьший возможный радиус R_0 ;
- выбирается материал диска с максимальными возможными характеристиками c, ρ и λ;
- вычисляется относительное время торможения по формуле (4), а по рис. 4 определяется величина b_0;
- по известным t_{0b} и b_0, используя рис. 4, можно найти T_{0max} и T_{max}; если найденное T_{max} слишком велико, то изменяют W_S и t_b или ограничения и повторяют вышеприведенные пункты;

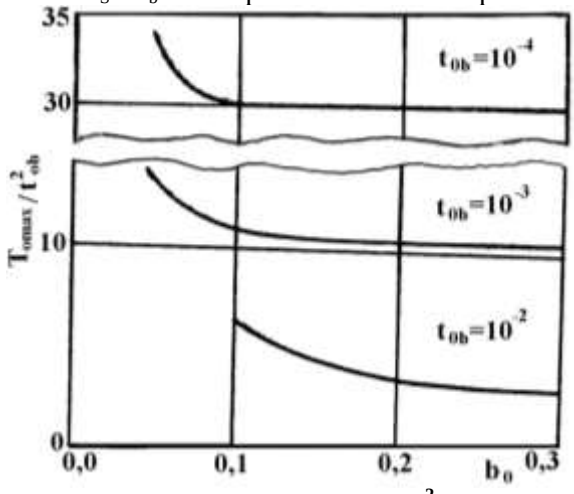


Рис. 4 **Закономерности изменения соотношения $T_{0max}/t_{об}^2$ от относительной толщины диска b_0**

- определяют $b = R_1 \cdot b_0$;
- если найденное T_{max} имеет удовлетворительную величину, то по справочнику определяют материал, динамический коэффициент трения и вычисляют удельные нагрузки, необходимые для торможения.

Выводы. Таким образом, разработана методика позволяющая определять геометрические параметры дисков не только для дисково-колодочных тормозов, но и для набранных из них ободов барабанов и шкивов при их проектировании, исходя из энергонагруженности металлических фрикционных элементов с целью повышения показателей эффективности, энергоемкости и износостойкости узлов трения тормозных устройств.

1. 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.
2. Старченко В. Н. исследование теплового состояния колодок автомобильного дискового тормоза, выполненных из разных материалов / В. Н. Старченко, А. В. Кущенко, В. А. Балинский и др. // Вісник СНУ ім. Володимира Даля: зб. наук. пр. – Луганськ. – 2008. - № 11 (141). – С. 52 - 57.
3. Поляков П. А. Повышение эффективности тяжелонагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: дисс. … канд. техн. наук: 05.02.02 / Поляков Павел Александрович. – Краснодар, 2013. – 157 с.
4. Выбор рациональных конструктивных параметров тормозного шкива буровой лебедки / Д. А. Вольченко, Н. А. Вольченко, В. Я. Малык [и др.] // Проблеми трибології. – Хмельницький. – 2005. - №2. - С.12 – 22.
5. Пат. 2268416 С2 Российская Федерация МПК[7]F16D 65/813. Система и способ для охлаждения ленточно-колодочного тормоза / Вольченко А. И., Вольченко Д. А., Стебелецький М. М., Криштопа Л. И., Питровский Е. В.; заявитель и патентообладатель Ивано-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. - № 2003130666; заявл. 16.10.2003; опубл. 20.01.2006, Бюл. №9. – 9 с.
6. Турков А. И. Исследование, выбор параметров и разработка основ конструирования фрикционной пары дискового тормоза железнодорожного подвижного состава; дис. … докт. техн. наук: 05.05.01 / Турков Аркадий Иосифович. – Хабаровск, 1982. – 357 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014.

©Н.А.Вольченко, В.Я.Малык, П.С.Красин

Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, В.Н.Кобрин, И.В.Шостак
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського "ХАІ"

МОДЕЛИ ОНТОЛОГИЙ И ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ РУЧНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ

В статье проанализированы проблемы создания производственной системы поддержки принятия решений, с онтологической компонентой в качестве интеллектуального ядра, для решения задач, связанных с обоснованием выбора импульсного оборудования при технологической подготовке сборочного производства. Изложен подход к синтезу интеллектуального ядра в форме онтологической системы как совокупности трех предметных онтологий. В основу подхода положена методология METHONTOLOGY.

Ключевые слова: *машиностроительное производство, ручные импульсные устройства, система поддержки принятия решений, интеллектуальное ядро, онтология, онтологическая система*

Форм. 3. Рис. 1. Лит. 12.

Ю.А.Воробйов , М.В.Нечипорук , В.М.Кобрин , І.В.Шостак

МОДЕЛІ ОНТОЛОГІЙ І ОНТОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ВИБОРУ РУЧНИХ ІМПУЛЬСНИХ ПРИСТРОЇВ

У статті проаналізовано проблеми створення виробничої системи підтримки прийняття рішень, з онтологічної компонентою в якості інтелектуального ядра, для вирішення завдань, пов'язаних з обґрунтуванням вибору імпульсного обладнання при технологічній підготовці складального виробництва. Викладено підхід до синтезу інтелектуального ядра у формі онтологічної системи як сукупності трьох предметних онтологій. В основу підходу покладено методологію METHONTOLOGY.

Ключові слова*: машинобудівне виробництво, ручні імпульсні пристрої, система підтримки прийняття рішень, інтелектуальне ядро, онтологія, онтологічна система*

Yu.Vorobyov, N.Nechyporuk, V.Kobrin, I.Shostak

ONTOLOGIES AND ONTOLOGICAL MODEL OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SELECTION OF MANUAL PULSE DEVICE

The paper analyzes the problem of creating a production decision support system, with the ontological component as an intelligent kernel for solving problems related to the rationale for the selection of equipment with pulsed technological preparation of production assembly. An approach to the synthesis of intellectual core in the form of ontological system as a set of three ontology. The basis of the approach is the methodology METHONTOLOGY.

Keywords: *engineering production , hand pulse systems , decision support system , intelligent core ontology, ontological system*

Постановка проблемы. В современных условиях интеллектуализация процессов управления производством на всех этапах жизненного цикла изделий является основной тенденцией в развитии промышленных информационных систем. Данное обстоятельство обусловлено тем фактом, что для управления современными производственными объектами, в силу их сложности, зачастую невозможно применять методы, известные в классической теории управления. Наличие указанной тенденции порождает ряд прикладных проблем, связанных с реализацией новых информационных технологий решения задач на разных стадиях производственного цикла. Главная проблема состоит в преодолении сложности управления, когда необходим выбор из множества возможных решений. Это может быть инженерный выбор (как производить данное изделие), выбор расписания (в какой последовательности производить это изделие) и т.д. Данная проблема усугубляется постоянным ростом сложности изделий, что неизбежно влечет за собой усложнение процессов проектирования и подготовки производства. Вторая проблема связана с необходимостью постоянного уменьшения объема информации о текущем состоянии производственного объекта до того уровня, который действительно необходим лицу, принимающему решения (ЛПР), в соответствии с существующими ограничениями эргономического характера. Третья проблема проявляется также по мере усложнения производства и состоит в дефиците времени на принятие решения и координации решений различных ЛПР. Еще одной важной проблемой интеллектуализации производства выступает необходимость постоянного приобретения, сохранения и распределения знаний опытных производственников, накопленных ими в процессе многолетней работы, включая при этом не только позитивный, но и негативный опыт решения производственных задач.

©Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, В.Н.Кобрин, И.В.Шостак

Анализ последних исследований и публикаций. Решению перечисленных выше проблем в последние годы посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных исследователей. Так, методология создания производственных систем, основанных на знаниях, изложена в монографиях И.П. Норенкова, П.К. Кузьмика [1], А.И. Громова, М.С. Каменновой [2], Г.Б. Евгенева [3]. Проблема организации эргономичного человеко-машинного интерфейса в производственных диалоговых системах рассматривается, в частности, Е.И. Яблочниковым [4]. В последней из указанных работ представлена и концепция создания единого пространства знаний в рамках производственного объекта, что дает возможность существенно повысить эффективность решений, принимаемых коллективом ЛПР. Решению последней из перечисленных выше проблем, которая, несомненно, относится к категории фундаментальных, посвящено множество публикаций, среди которых непосредственно вопросам интеллектуализации производства посвящено сравнительно небольшое количество работ, например [5].

Нерешенные части проблемы. Реализация совокупности процессов, связанных с перманентным выявлением, извлечением и структуризацией знаний опытных специалистов в области производства, на данном этапе развития производственных систем с искусственным интеллектом, требует разработки качественно новых подходов. Наиболее перспективным, по мнению ряда исследователей, например Т.П. Левашовой, М.П. Пашкина, А.В. Смирнова, Н.Г. Шилова [6], является применение онтологий в качестве хранилища знаний о производстве. Вместе с тем, на этой основе, до настоящего времени не разработана информационная технология синтеза производственных систем поддержки принятия решений (СППР) в машиностроении.

Цель исследования состоит в изложении комплексного подхода, предполагающего разработку отдельных онтологий, объединении их в онтологическую систему и в применении этой системы в качестве интеллектуального ядра СППР по выбору ручных импульсных устройств (РИУ) для выполнения операций сборочных процессов.

Основные результаты исследования. В последнее время в инженерии применяется определение онтологии как формальной спецификации согласованной концептуализации [7].

Под согласованной концептуализацией подразумевается, что данная концептуализация не является частным мнением, а является общей для некоторой общности людей.

Определение 1. Онтологический инжиниринг – теория и технология разработки онтологий [8].

При этом любая онтология имеет под собой концептуализацию, но одна концептуализация может быть основой разных онтологий, и две разные базы знаний (БЗ) могут отражать одну онтологию.Основными компонентами онтологии являются классы или понятия; атрибуты; отношения; аксиомы; экземпляры [9].

Определение 2. Экземпляры онтологии представляют собой единичные сущности, принадлежащие классам онтологии.

Например, **Ручное импульсное устройство двойного действия**.

Единицы онтологии (классы и экземпляры) могут иметь свойства – атрибуты. Каждый атрибут обычно имеет имя и значение и используется для хранения информации, которая специфична для данной единицы. Например, для экземпляра **Ручное импульсное устройство двойного действия** типичным атрибутом является **Принцип действия привода**.

Определение 3. Отношения в онтологии представляют тип взаимодействия между понятиями предметной области.

Отношения формально определяются как подмножество произведения n множеств R: $E_1 \times E_2 \ldots \times E_n$. Пример бинарного отношения – отношение «часть – целое». Различие между отношениями и атрибутами заключается в том, что отношения связывают между собой два класса, а атрибут описывает внутренние свойства объектов посредством конкретных значений. Примером бинарного отношения может служить пара **Ручное импульсное устройство – Рабочая часть РИУ**.

В онтологиях, содержащих описание однозначно трактуемых предметных областей, к которым, в частности, относится и самолетостроение, наиболее значимым является так называемое таксономическое отношение (также известное как отношение «класс – подкласс», родовидовое отношение или «is a»-отношение).

©Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, В.Н.Кобрин, И.В.Шостак

Определение 4. Аксиомы (правила вывода) используются, чтобы записать истинные по определению высказывания об отношениях между сущностями предметной области.

Аксиомы могут быть включены в онтологию для разных целей, например для определения комплексных ограничений на значения атрибутов, аргументы отношений, для проверки корректности информации, описанной в онтологии, или для вывода новой информации. Например, **ЕСЛИ Материал обшивки Д16Т И Толщина листа 3 мм ТО Применять дорнование отвестий.**

Определение 5. Словарь (глоссарий) является онтологией с пустым множеством отношений [8].

Например, **словарем в онтологии «Сборка авиационных конструкций» может служить ОСТ 1.42064-80. Сборка самолетов. Термины и определения**.

Таксономия по своей природе является простейшей онтологией, которая строится, преимущественно, на отношениях типа «класс – подкласс». Вместе с тем, для отражения мереономического аспекта в семантике связей между концептами предметной области (ПрО), для некоторых типов онтологий целесообразно использование отношения типа «часть – целое». Например, при синтезе метаонтологии в составе онтологической системы, содержащей знания мире ручных импульсных устройств, такой тип отношений необходим для эксплицитного описания состава РИУ.

В ряде случаев, исходя из особенностей предметной области, в онтологиях должны быть предусмотрены ограничения на область значений свойств экземпляров. При этом для задания области значений свойств формируется ряд множеств, элементами которых являются целые числа или символы алфавита. Возможно также формирование указанных множеств из подмножества концептов онтологии (множества экземпляров данного класса, множества классов).

В целом, существует обратная зависимость между выразительной способностью любой конкретной онтологии, и сложностью ее структуры [10]. Указанное обстоятельство определяет необходимость использования минимально необходимого набора отношений (онтологических зависимостей) при соблюдении заданной адекватности онтологии по отношению к описываемой предметной области.

На практике, наиболее формализованные онтологии представляют собой логические теории, построенные на произвольных логических утверждениях о понятиях в рамках заданной системы аксиом. Для описания таких формальных онтологий применяются различные логики (дескриптивные логики, модальные логики, логика предикатов первого порядка) и различные языки описания онтологий DAML+OIL, OWL, CycL, Ontolingua [11].

В машиностроении и, в частности, в самолетостроении, имеет место однозначность трактовки понятий, а также отношений между ними. Исходя из этого, при разработке приложений в областях, непосредственно связанных с машиностроением, вполне допустимо ограничиться созданием так называемых легких онтологий (lightweight ontologies) [9, 10].

Модели онтологий и онтологической системы поддержки принятия решений по выбору РИУ в авиастроении.

Формально, онтология состоит из таксономии терминов, определений терминов и правил их обработки.

Определение 6. Формальной моделью онтологии O является упорядоченная триада объектов:

$$O = \langle E, R, F \rangle, \tag{1}$$

где E – конечное множество концептов (понятий, терминов) предметной области, которую представляет онтология O;

R – конечное множество отношений между концептами (понятиями, терминами) заданной предметной области;

F – конечное множество функций интерпретации (аксиоматизация), заданных ни концептах и/или отношениях онтологии O.

Естественным ограничением, накладываемым на множество E, является его конечность и непустота. В соответствии с (1) R и F должны быть конечными множествами. Рассмотрим, однако, граничные случаи, связанные с пустотой.

Пусть $R = 0$ и $F = 0$. Тогда онтология O трансформируется в простой словарь:

$$O = \langle E, \{\ \}, \{\ \} \rangle . \quad (2)$$

Такая вырожденная онтология может быть полезна для спецификации, пополнения и поддержки словарей ПО, но онтологии-словари имеют ограниченное использование, поскольку не вводят эксплицитно смысла терминов. В практике создания онтологий для решения производственных задач, когда используемые термины принадлежат очень узкому (например, техническому) словарю и их смыслы уже заранее хорошо согласованы в пределах определенного сообщества (например, производственного коллектива), такой подход является вполне оправданным.

Практика онтологического инжиниринга дает возможность построения модели расширяемой онтологии и исследования ее свойств. Как показано в работе [9], модель расширяемой онтологии является достаточно мощной для спецификации процессов формирования пространств знаний о предметной области «Использование РИУ в сборочных процессах». Вместе с тем и эта модель является неполной в силу своей пассивности даже там, где определены соответствующие процедурные интерпретации и введены специальные функции пополнения отологии. Ведь единственной точкой управления активностью в такой модели является запрос на интерпретацию определенного концепта. Этот запрос выполняется всегда одинаково и инициирует запуск соответствующей процедуры. При этом собственно вывод ответа на запрос и/или поиск необходимой для этого информации остается вне модели и должен реализовываться другими средствами.

Учитывая вышесказанное, а также необходимость эксплицитной спецификации процессов функционирования онтологии, введем в рассмотрение понятие «онтологической системы».

Определение 7. Формальная модель онтологической системы S представляет собой триплет вида:

$$S = \langle q^{meta}, \{O^{pr}\}, M \rangle , \quad (3)$$

где q^{meta} – онтология верхнего уровня (метаонтология);

$\{O^{pr}\}$ – множество предметных онтологий и онтологий задач предметной области;

M – модель машины вывода, ассоциированной с онтологической системой S.

Использование системы онтологий и специальной машины вывода с помощью описанной модели дает возможность решать различные задачи. Расширяя систему моделей $\{O^{pr}\}$, можно учитывать предпочтения пользователя, а, изменяя модель машины вывода – вводить специализированные критерии релевантности получаемой в процессе поиска информации и формировать специальные репозитории накопленных данных, а также пополнять при необходимости используемые онтологии.

В состав модели S входят три онтологические компоненты:

1) метаонтология «Применение РИУ при сборке авиационных конструкций»;
2) предметная онтология «Летательные аппараты»;
3) онтология задач «Обеспечение качества сборки летательных аппаратов».

Как указывалось выше, метаонтология q^{meta} оперирует общими концептами и отношениями, которые не зависят от конкретной предметной области. Концептами метауровня являются общие понятия, такие как «объект», «свойство», «значение» и т.п. Тогда на уровне метаонтологии q^{meta} мы получаем интенсиональное описание свойств предметной онтологии и онтологии задач. Онтология метауровня, благодаря специфическим особенностям предметной области, является статической, что дает возможность обеспечить эффективный вывод на знаниях в процессе функционирования онтологической СППР.

Предметные онтологии $\{O^{pr}\}$ содержат понятия, описывающие конкретную предметную область, отношения, семантически значимые для данной предметной области, и множество интерпретаций этих понятий и отношений (декларативных и процедурных). Понятия предметной области специфичны в каждой прикладной онтологии, но отношения –

более универсальны. Поэтому, кроме отношения «is a» в качестве базиса обычно выделяют такие отношения модели предметной онтологии, как «part of», «kind of», «contained in», «member of», «see also» и некоторые другие.

Отношение «part of» определено на множестве концептов, является отношением принадлежности и показывает, что концепт может быть частью других концептов. Оно является отношением типа «часть – целое» и по свойствам близко к отношению «is a» и может быть задано соответствующими аксиомами. Аналогичным образом можно ввести и другие отношения типа «часть – целое».

Иначе обстоит дело с отношением «see also». Оно обладает другой семантикой и другими свойствами. Поэтому целесообразно вводить его не декларативно, а процедурно, подобно тому, как это делается, например, при определении новых типов в языках программирования, где поддерживаются абстрактные типы данных [12]. Ниже приведен соответствующий фрагмент записи на алгоритмическом языке высокого уровня C++:

```
X see_also Y:
see_also member_of Relation {
if ( (X is_a Notion) & (Y is_a Notion) & (X see_also Y) )
if (Operation connected_with X)
Operation connected_with Y
};
```

Необходимо отметить, что отношение «see also» не удовлетворяет условию транзитивности. Если предположить, что (X1 see_also X2) & (X2 see_also X3), то можно считать, что (X1 see_also X3). Однако, по мере увеличения длины цепочки объектов, связанных данным отношением, справедливость транзитивного переноса свойства «connected with» падает. Поэтому в случае отношения «see also» мы имеем дело не с отношением частичного порядка (как, например, в случае отношения «is a»), а с отношением толерантности. Указанное ограничение может быть учтено при интерпретации конкретного отношения.

Анализ специфики предметной области «Применение РИУ в сборочных процессах» показывает, что введенный выше набор отношений является достаточным для начального описания соответствующих онтологий. Понятно, что этот базис является открытым и может пополняться в зависимости от предметной области и целей, стоящих перед прикладной системой, в которой такая онтология используется.

Онтология задач в качестве понятий содержит типы решаемых задач, а отношения этой онтологии, как правило, специфицируют декомпозицию задач на подзадачи. Вместе с тем, если прикладной системой решается единственный тип задач (например, задачи поиска релевантной запросу информации), то онтология задач может в данном случае описываться словарной моделью, рассмотренной выше. Таким образом, модель онтологической системы позволяет описывать необходимые для ее функционирования онтологии разных уровней.

Машина вывода онтологической системы в данном случае будет опираться на сетевое представление онтологий всех уровней. При этом ее функционирование будет связано:

- с активацией понятий и/или отношений, фиксирующих решаемую задачу (описание исходной ситуации);
- определением целевого состояния (ситуации);
- выводом на сети, заключающемся в том, что от узлов исходной ситуации распространяются волны активации, использующие свойства отношений, с ними связанных. Критерием остановки процесса является достижение целевой ситуации или превышение длительности исполнения (time-out) [11].

Методологию и «жизненный цикл» создания онтологий обсудим на примере подхода METHONTOLOGY, разработанного Гомез-Перезом (Gomez-Perez) с коллегами, в рамках которого реализуются принципы Грубера, а также разработано программное окружение спецификации онтологий ODE (Ontology Design Environment) [7, 9].

В рамках этого подхода выделяются следующие процедуры в «жизненном цикле» создания онтологии: управление проектом, собственно разработка и поддержка разработки.

Процедуры управления проектом включают планирование, контроль и гарантии качества. Планирование определяет, какие задачи должны быть выполнены, как они организуются, как много времени и какие ресурсы нужны для их выполнения. Контроль

гарантирует, что запланированные задачи выполнены и именно так, как это предполагалось [10, 12].

В соответствии с общепринятой технологией, разработка онтологической системы включает спецификацию, концептуализацию, формализацию и реализацию. Спецификация определяет цели создания онтологии, ее предполагаемое использование и потенциальных пользователей. Концептуализация обеспечивает структурирование предметных знаний в виде значимой эксплицитной модели. На этапе формализации происходит преобразование концептуальной модели в формальную или «вычислительную». Этап реализации предполагает программирование вычислительной модели на соответствующем языке представления знаний.

Процедуры поддержки, а именно приобретение знаний, оценка, интеграция, документирование и управление конфигурациями, выполняются одновременно с разработкой. Без них онтология не может быть построена. Они представлены процедурами. Приобретение знаний аккумулирует знания в заданной предметной области. Оценка дает технические решения по оценке онтологии, соответствующего программного обеспечения и документации, как в процессе выполнения каждой фазы, так и между фазами. Интеграция требуется, когда новая онтология строится с использованием уже существующих приложений. Документирование дает детальную, понятную и исчерпывающую информацию о каждой фазе и продукте в целом. Управление конфигурациями необходимо для архивации всех версий документации, программного обеспечения и кода онтологии, а также для контроля за изменениями, имеющими место в ходе разработки.

Общая схема «жизненного цикла» создания онтологий в рамках подхода METHONTOLOGY представлена на рисунке.

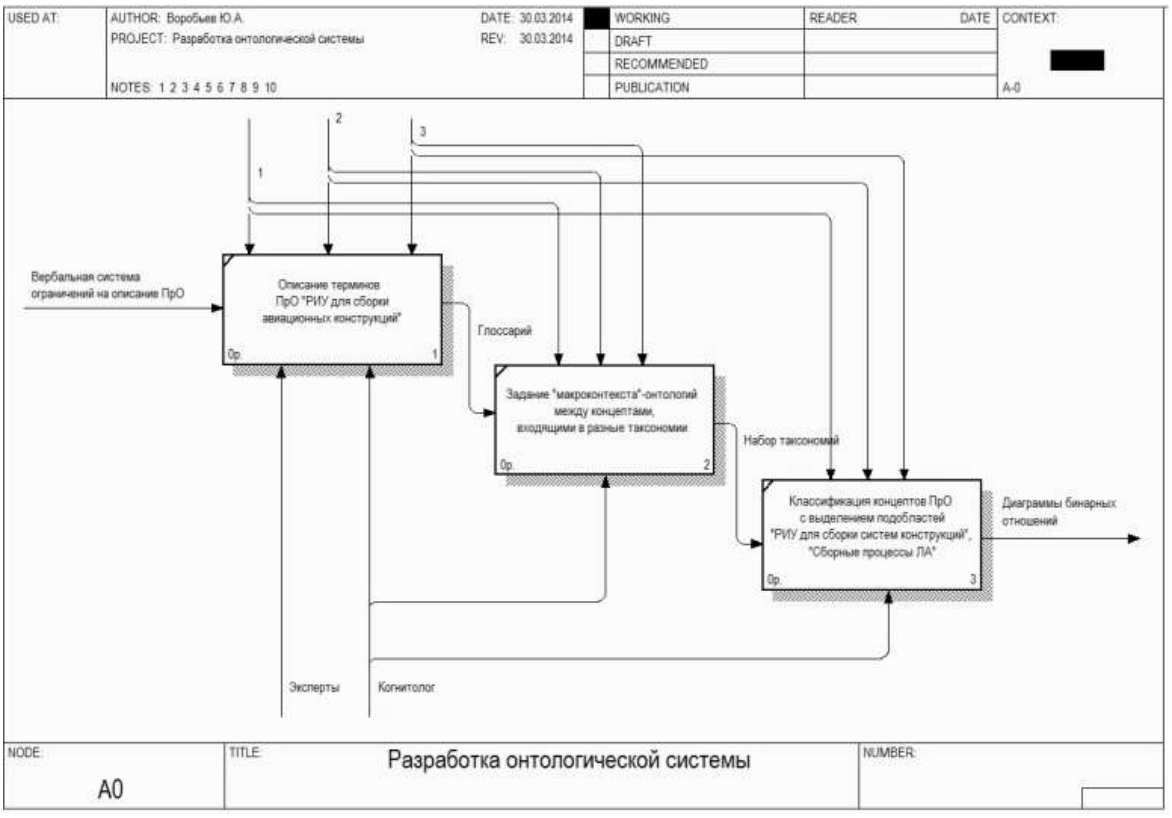


Рис. **Разработка онтологической системы ОСППР по выбору РИУ при сборке авиационных конструкций в рамках подхода METHONTOLOGY**

Необходимо отметить, что процесс построения онтологии здесь распадается на серию подпроцессов по созданию промежуточных представлений. При этом выполнение отдельных подпроцессов, хотя и осуществляется последовательно, возможен итеративный режим, поскольку качество реализации всего процесса определяется полнотой и точностью уже

накопленных знаний.

В соответствии с рассматриваемой методологией, сначала строится глоссарий терминов (Glossary of Terms), затем деревья классификации концептов (Concept Classification Trees) и диаграммы бинарных отношений (Binary Relations Diagrams). И только после этого – остальные промежуточные представления.

Выводы. На основе изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. Применение онтологического подхода к созданию производственных систем с искусственным интеллектом является перспективным с точки зрения повышения эффективности управления производством, а также сохранения интеллектуального капитала коллективов предприятий.

2. Интеллектуальное ядро производственных СППР целесообразно реализовывать в форме онтологических систем.

3. Специфика организации производства на машиностроительных предприятиях допускает возможность реализации онтологических систем в рамках технологии METHONTOLOGY.

1.Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
2.Громов А.И., Каменнова М.С. Идеологические стандарты управления вчера, сегодня, завтра // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2001. №3.
3.Евгенев Г.Б. Системология инженерных знаний. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 376 с.
4.Яблочников Е.И. Организация единого информационного пространства технической подготовки производства с использованием PDM SmarTeam // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2001. №3.
5.Алиев Р.А., Абдикеев Н.М., Шахназаров М.М. Производственные системы с искусственным интеллектом – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.
6.Левашова Т.В., Пашкин М.П., Смирнов А.В., Шилов Н.Г. Управление онтологиями // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2003, №5, с. 89-101.
7.Gomez-Perez A. From Knowledge based Systems to Knowledge Sharing Technology: Evaluation and Assessment // Technical Report of Knowledge Systems Laboratory. KSL-94-73. Stanford University, CA., 1994.
8.Смирнов А.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г. и др. Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации // Новости искусственного интеллекта. 2002. №1, 2.
9.Gruber T. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // IJHCS, 1994, V. 43. № 5/6.
10.Sowa J. Building, Sharing, and Merging Ontologies. 2001. http://www.ifsowa.com/ontology/ontoshar.html/
11.McGregor R., Patil R.S. Tools for Assembling and Managing Scalable Knowledge Bases, 1997. http://www.isi.edu/isd/-OntoLoom.hpkb/
12.Ushold M., Gruninger M. Ontologies: Principles, Methods, and Applications // Knowledge Engineering Review, 1996. V. 11 №2.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2014.

©Ю.А.Воробьев, Н.В.Нечипорук, В.Н.Кобрин, И.В.Шостак

УДК 625.72

В.А.Гайдукевич

МЕТОД МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛУ ІНФОРМАТИВНОСТІ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Розглядається дорожнє середовище як система, що складається власне з автомобільної дороги з відповідними технічними параметрами і інженерним обладнанням та прилеглим ландшафтом в зоні сприйняття водієм. Дорожнє середовище представлене просторовою композицією з інформаційними елементами, що сприймаються водієм в процесі руху автомобіля. Наведена методика використання разносного методу в задачах оптимізації інформативності архітектурно-ландшафтних басейнів автомобільних доріг.

Ключові слова: *дорожнє середовище, технічні параметри, просторова композиція, інформаційні елементи, оптимізація.*

Форм 10. Літ 10.

В.А.Гайдукевич

МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛА ИНФОРМАТИВНОСТИ ДОРОЖНОЙ СРЕДЫ

Рассматривается дорожная середа как система, которая состоит, собственно, из автомобильной дороги с соответствующими техническими параметрами и инженерным оборудованием и прилегающим ландшафтом в зоне восприятия водителя. Дорожная среда представлена пространственной композицией с информационными элементами, которые воспринимаются водителем в процессе движения автомобиля. Приведена методика использования разносного метода в задачах оптимизации информативности архитектурно-ландшафтных бассейнов автомобильных дорог.

Ключевые слова: *дорожная среда, технические параметры, пространственная композиция, информационные элементы, оптимизация.*

V.Haidukevych

METHODS IN MINIMIZING FUNCTIONALS INFORMATION VALUE OF ROAD ENVIRONMENT. KEY WORDS: ROAD ENVIRONMENT, TECHNICAL PARAMETERS, SPATIAL COMPOSITION, INFORMATION ELEMENTS, OPTIMIZING

The motorway has a direct functional significance. This is a complex linear transport system, which must meet the requirements of the state in the transportation of goods and people moving by road. The components of such a system are, in fact, the road with its technical parameters and technical equipment, and roadside landscape that is adjacent to the road, or deviates far from the road. That is, we can say that the road environment has boundaries determined by visual perception of the driver and depends on the spatial trajectory of the road.

This environment has a direct impact on the driver. Speed and traffic safety also impact the economic performance of a motorway.

Road environment, in which the driver is located during his movement, should be maintained at an optimum level in order not to exceed the physiological capabilities of the driver and to ensure efficiency and effectiveness of the driver as the main character in the transport process, which ensures traffic safety.

Structural organization of road environment and the quantitative distribution of information in it make psychological basis in which driver's industrial activity takes place.

In conditions of flat terrain, no vegetation and buildings, the flow of information about the road conditions is too depleted, which can lead to a decrease in the driver's attention and even to his falling asleep at the steering wheel. In contrast, in difficult road conditions, rugged country of the chaotic terrain and vegetation, buildings, information flow can exceed the capacity of driver and cause an inadequate assessment of road environment, that provoke occurrence of traffic accidents.

The main objective of optimizing the traffic environment is rationing the amount of information that is perceived by the driver during the movement of the car on the way within each architectural and landscape form.

The article suggests the technique of using differential method in optimizing information value of architectural and landscape forms of motorways.

Key words: *road environment, technical parameters, spatial composition, information elements, optimizing.*

Ключевые слова: дорожная среда, технические параметры, пространственная композиция, информационные элементы, оптимизация.

Постановка проблеми. Автомобільна дорога має пряме функціональне значення. Це складна лінійна транспортна система, яка має задовольняти потреби держави в перевезенні вантажів та переміщенні людей автомобільним транспортом. Складовими частинами такої системи є, власне, автомобільна дорога з її технічними параметрами і інженерним

©В.А.Гайдукевич

обладнанням та придорожній ландшафт, який безпосередньо прилягає до дороги, або відхиляється на значні відстані від дороги. Тобто можна говорити про дорожнє середовище з межами, що будуть визначатися зоною зорового сприйняття водія і залежати від просторової траєкторії автомобільної дороги.

Це середовище має безпосередній вплив на водія. На економічні показники автомобільної дороги впливають швидкість руху та безпека руху.

Дорожнє середовище, в якому знаходиться водій в процесі руху, потрібно підтримувати на оптимальному рівні, щоб не перевищувати психофізіологічні можливості водія та забезпечити працездатність та дієвість водія, як основного ланцюга в транспортному процесі, що забезпечує безпеку руху.

Структурна організація дорожнього середовища і кількісний розподіл в ньому інформації становить те психологічне підгрунтя, на якому розгортається виробнича діяльність водія.

Аналіз досліджень і публікацій. Розуміння необхідності впорядкування дорожнього середовища спочатку мало за мету естетику та благоустрій на автомобільних дорогах [8, 2, 3], але разом з розвитком економік країн і збільшенням транспортної роботи почала зростати невідповідність зв'язку «дорожні умови – транспортні потоки» [6, 1]. Наслідком такої невідповідності є постійне збільшення дорожньо-транспортних пригод. Значною мірою причиною цього є «людський фактор». Тому дослідження, пов'язані з необхідністю врахування психофізіології водія дуже актуальні[10]. Потрібно мати методику рішень задач дорожньої служби щодо впорядкування дорожнього середовища, тобто керувати транспортно-експлуатаційними якостями автомобільних доріг[4, 5].

Невирішені раніше задачі. В умовах рівнинного рельєфу, відсутності рослинності і забудови, інформаційний потік про дорожні умови занадто збіднений, що може привести до зменшення уваги водія і, навіть, до засинання за кермом. Навпаки, в складних дорожніх умовах, в пересічному рельєфі з хаотичною рослинністю і забудовою, інформаційний потік може перевищувати пропускну здатність водія і бути причиною неадекватної оцінки дорожнього середовища, тобто провокувати виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Мета дослідження. Основним завданням оптимізації дорожнього середовища є нормування кількості інформації, що сприймається водієм в процесі руху автомобіля по дорозі в межах кожного архітектурно-ландшафтного басейну.

Основний зміст та результати дослідження. Дорожнє середовище має бути типізоване на архітектурно-ландшафтні басейни за такими факторами як рельєф місцевості, ліс, поле, забудова та їх комбінації. В залежності від швидкості руху автомобіля та умов дорожнього середовища змінюється площа та форма зони видимості.

Зона видимості $\overline{Q}$ характеризується змінами параметрів дорожнього середовища в кожному перетині X в момент часу t по довжині басейну l протягом періоду руху T: $\overline{Q} = \{0 \le x \le l, \quad 0 \le t \le T\}$

Введемо разносну сітку в просторі видимості басейну з вузлових точок (x_i, t_j), де $x_i = i\Delta x, i = 0,1,...,M$, $t_{j=j\Delta t,\ j=0,1,...,N,\ \Delta x>0,\ \Delta t>0}$ - кроки сітки Тоді можна записати $M\Delta x = l,\ N\Delta t = T$. Досвідчений водій в процесі руху оцінює дорожні умови, що реально складаються і вибирає відповідну швидкість руху. Оцінка ситуації відбувається завдяки інформаційним елементам (u) дорожнього середовища, якими є параметри проїзної частини, земляного полотна, траєкторії дороги в просторі, елементів прилеглого ландшафту, тощо.

Значення швидкості руху V(x,t) в точці (xi,tj) по довжині басейну позначимо через Vij .

Розподіл інформаційних елементів в зоні видимості $u(t) \in U$ в дискретному аналозі запишемо

$$\lfloor u_j \rfloor = (u_1, u_2, ..., u_N),\ a \le u_j \le b,\ j = 1,2,...,N \qquad (1)$$

де: a, b - гранично припустимі величини кількості параметрів елементів дорожнього середовища.

Потрібно мінімізувати функціонал інформативності дорожнього середовища I(u) в архітектурно-ландшафтному басейні дороги

$$I(u)=\int_0^l |V(x,T,u)-y(x)|^2 dx \tag{2}$$

при умові, що V(x,t,u) є рішенням разносної граничної задачі [7]:

$$\frac{V_{ij}-V_{ij-1}}{\Delta t}=a^2\frac{V_{i+1j}-2V_{ij}+V_{i-1j}}{(\Delta x)^2},\quad i=1,2,...,M-1;\quad j=1,2,...,N; \tag{3}$$

$$V_{1j}-V_{0j}=0,\ \ j=1,2,...,N;$$

$$\frac{V_{Mj}-V_{M-1j}}{\Delta x}=\nu(u_i-V_{Mj})\quad j=1,2,...,N;$$

$$V_{i0}=\varphi(x_i),\ \ i=1,2,...,M;$$

Аналогічно для визначення прирощення функціоналу інформативності при змінах дорожніх умов, із введенням функції $\psi(x,t)\equiv\psi(x,t,u)$ разносна гранична задача запишеться:

$$\frac{\psi_{ij}-\psi_{ij-1}}{\Delta t}=-a^2\frac{\psi_{i+1j-1}-2\psi_{ij-1}+\psi_{i-1j-1}}{(\Delta x)^2};$$

$$i=1,2,...,M-1;\quad j=N,N-1,...,1; \tag{4}$$

$$\psi_{1j}-\psi_{0j}=0,\quad j=N-1,N-2,...,0;$$

$$\frac{\psi_{Mi}-\psi_{M-1j}}{\Delta x}=-\nu\psi_{Mj},\quad j=N-1,N-2,...,0;$$

$$\psi_{iN}=2(V_{iN}-y(x_i)),\ \ i=0,1,...,M$$

Разносні граничні задачі (3) та (4) можуть бути вирішені з допомогою метода прогонки [9], причому задачу (3) потрібно починати з j=1, потім j=2 … до j=N , а задачу (4) починати з j=N-1, потім j=N-2… до j=0.

Значення функціонала інформативності визначиться за виразом

$$I_{NM}(\lfloor u_j \rfloor)=\sum_{i=1}^{M}\Delta x(V_{iN}-y(x_i))^2 \tag{5}$$

А значення градієнта функціонала інформативності визначиться за виразом

$$I^1_{NM}(\lfloor u_j \rfloor)=\{a^2\nu\psi_{Mj},\ j=1,2,...,N\} \tag{6}$$

Метод проекції градієнта [7] в разносній формі запишеться у вигляді:

$$u_{jn+1}=\begin{cases}u_{jn}-\alpha_n a^2\nu\psi_{Mj}, & при\ \ a\le u_{jn}-\alpha_n a^2\nu\psi_{Mj}\le b,\\ a, & при\ \ u_{jn}-\alpha_n a^2\nu\psi_{Mj}<a,\\ b, & при\ u_{jn}-\alpha_n a^2\nu\psi_{Mj}>b;\ j=1,2,...,N.\end{cases} \tag{7}$$

де $\lfloor u_j \rfloor_n=(u_{in},...,u_{Nn})$ – наближення кількості інформаційних елементів до оптимальної кількості.

Для визначення α_n використовується методика [7], але в разносному аналозі замість $I(u)$ беремо $I(\lfloor u_j \rfloor)$ та замість $\|u\|^2=\int_0^T u^2(i)dt$ - величину $\|\lfloor u_j \rfloor\|^2=\sum_{j=1}^{N}u_j^2$.

Метод умовного градієнта [в разносній формі зводиться до побудови послідовності $\lfloor u_j \rfloor_n=(u_{1n},...,u_{Nn})$ за формулами:

$$u_{jn+1}=u_{jn}+\alpha_n(\overline{u_{jn}}-u_{jn}),\ j=1,2,...,N;\ \ \alpha_n=\min\{\alpha_n^*;1\}, \tag{8}$$

$$\overline{u_{jn}} = \begin{cases} a, \ \ при\ a^2 \nu \psi_{Mj} > 0, \\ b, \ при\ \ a^2 \nu \psi_{Mj} < 0, \\ u_{jn}, \ \ при\, a^2 \nu \psi_{Mj} = 0; \ j = 1,2,...,N. \end{cases} \tag{9}$$

$$\alpha_n^* = \frac{\sum_{j=1}^{N} a^2 \nu \psi_{Mj} \left(u_{jn} - \overline{u_{jn}} \right) \Delta \ t}{2 \sum_{i=1}^{M} \left| \overline{V_{iN}} - V_{iN} \right|^2 \Delta \ x}. \tag{10}$$

Тут $\{V_{ij}\}$, $\{\overline{V_{ij}}\}$- рішення задачі (3) при $\lfloor u_j \rfloor = \lfloor u_j \rfloor_n$ та $[u_j] = [\overline{u_j}]_n$ відповідно, а $\{\psi_{ij}\}$- рішення задачі (4).

При необмеженому зменшенні кроку разносної сітки описані разносні витрати методів проекції градієнта та умовного градієнта сходяться до оптимального рішення задачі мінімізації функціонала інформативності дорожнього середовища по довжині архітектурно-ландшафтного басейна автомобільної дороги.

Висновки. Таким чином, запропонований теоретичний підхід до аналізу дорожнього середовища по інформативному навантаженню на водія дозволить оптимізувати це інформативне навантаження шляхом формування структури середовища по кількості інформаційних елементів та їх властивостях на конкретних ділянках доріг в межах архітектурно-ландшафтних басейнів.

1. Булах А.И. Способ оценки условий движения автомобилей. // Материалы международной научно-технической конференции «Совершенствование транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог». Ч.1. – Минск, 1996. – С.7 – 9.
2. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. / Е.М. Лобанов– М.: Транспорт, 1980. – 311с.
3. Лобанов Е.М. Роль человеческого фактора в организации и безопасности движения. / Е.М. Лобанов. М.: Тр.МАДИ, 1968. – Вип.27. - С.89 - 102.
4. Матросов А.П. Влияние дорожных условий на аварийность автомобильного движения. / А.П. Матросов. // Автомобильные дороги. - 1978. - №10. –С.22 - 23.
5. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем. / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахари. – М.: Мир, 1973. – 344с.
6. Орнатский Н.П. Благоустройство автомобильных дорог. / Н.П. Орнатский. – М.: Транспорт, 1986. – 134с.
7. Павлюк Д.О. Удосконалення вибору рішень задач дорожньої служби щодо підвищення безпеки руху./ Д.О. Павлюк, О.І. Булах. // Автошляховик України – 1998. - №2. – С.37 – 39.
8. Садиков Н.С. Управление транспортно – эксплуатационным качеством автомобильных. / Н.С. Садиков. // Транспорт. Наука. Техника. Управление. Сборник обзорной информации. – 1998. - №7. – С.53 – 55.
9. Самарський А.А. Теория разносных схем. / А.А. Самарський. - М.: Наука, 1977. – 204с.
10. Суворов Ю.Б. Экспертное исследование влияния отклонений характеристик автомобильной дороги на механизм возникновения ДТП. / Ю.Б. Суворов. //Scientific conference “Traffic SAFETY”, Background Papers, Tallinn, November 14 – 15, 1990. – p.200 – 201.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014.

©В.А.Гайдукевич

УДК 625.7./8; УДК 625.731.1

І.П.Гамеляк, О.Ю.Усиченко, Л.А.Дмитренко, А.Я.Коломієць
Національний транспортний університет
Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОСТІЙКОСТІ ЖОРСТКИХ ГРАТОК

В статті експериментально визначено показники термостійкості жорстких геосинтетичних граток за стандартними методами та лабораторними методами які моделюють умови теплового впливу на дослідні зразки при укладанні асфальтобетону під час будівництва доріг.

Встановлено, що поліпропіленові гратки мають низьку температуру плавлення 140…160 °С, це може приводити до їх деструкції при використанні в гарячих асфальтобетонних сумішей, температура яких при виробництві повинна становити від 140 до 175 °С, в залежності від складу суміші та марки використовуваного бітуму. Наведено приклад руйнування покриття при неправильній технології використанні жорстких поліпропіленових ґраток.

Рис. 4. Табл 4. Літ 10.

В статье экспериментально определены показатели термостойкости жестких геосинтетических георешеток по стандартной методике и лабораторными методами моделирующими условия теплового воздействия на испытательные образцы при устройстве асфальтобетонного покрытия при строительстве дорог.

Установлено , что полипропиленовые решетки имеют низкую температуру плавления 140 ... 160 °С. может приводить к их деструкции при использование горячих асфальтобетонных смесей, температура которых при производстве должна быть от 140 до 175 °С, в зависимости от состава смеси и марки используемого битума . Приведен пример разрушения покрытия при неправильной технологии использовании жестких полипропиленовых решеток.

In article experimentally determined values of rigid geosynthetic grids thermal stability by standard methods, and laboratory methods which simulating the conditions of heat exposure on test pieces during asphalt pavement construction.

Established that polypropylene grids have a low melting temperature 140 ... 160 ^{o}C, which can lead to their degradation by the using in hot asphalt mixtures with construction temperature between 140 and 175 ^{o}C., depending on the composition of the mixture and used bitumen grade. Shown an example of the pavement destruction with incorrect using technology of rigid polypropylene grids.

Постановка проблеми. У відповідності з міжнародним досвідом та вимогами будівельних норм [1] для армування асфальтобетонних покриттів рекомендується використовувати армуючі синтетичні матеріали (АСМ) з міцністю не менше ніж 50 кН/м для доріг I та II категорії, та не менше ніж 40 кН/м для доріг III – IV категорії. При відповідному техніко – економічному обґрунтуванні може використовуватися АСМ з міцністю більше 100 кН/м. Для забезпечення ефективного використання АСМ його видовження при розтягу не повинно перевищувати максимального видовження при розриві композиту (асфальтобетон та АСМ) яке становить 6–12% у залежності від температури випробування. Робота асфальтобетонного покриття в пружній стадії забезпечується при видовжені АСМ в межах 3–6%.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вплив температури на механічні властивості різних видів полімерів, волокон і ґраток із них досліджений недостатньо [1 -7]. Не зважаючи на відхилення для різних волокон і ґраток із однакових волокон, спостерігається загальна закономірність, яка полягає у зменшенні напружень (міцності) та у збільшенні деформацій, як розривних так і не розривних при підвищенні температури [1 - 3].

Під час будівництва доріг широко використовуються геогратки. Які спрямовані на виконання функції підсилення та армування [5 -10]:

1. Зменшують товщину шару, зберігаючи таким чином, природні ресурси і навколишнє середовище .
2. Зменшується об’єм робіт по екскавації, заміні і утилізації слабкого ґрунту.
3. Представляється можливість необхідного ущільнення конструктивних шарів.
4. Збільшуються проектні строк експлуатації покриття і міжремонтний строки служби.

©І.П.Гамеляк, О.Ю.Усиченко, Л.А. Дмитренко, А.Я. Коломієць

5. Допомагає уникнути нерівномірних просадок над карстовими чи неоднорідними природними основами.

6. Запобігти прояву відображених тріщин в асфальтобетонних покриттях, шо влаштовуються та тріщинувато – блочних основах.

На ринках України існують такі постачальники геограток: АПРОЛАТ [6], TENSAR [7], TENAX [8]. Технічні характеристики, за якими оцінюють якість геограток різних виробників відрізняються незначно (табл. 1).

Таблиця 1.

Технічні характеристики, за якими оцінюють якість геограток

Найменування показників		Од. вим.	Гр.- 1	Гр.- 2	Гр.- 3
Поверхнева щільність		г /м^2	300	400	530
Максимальне навантаження при випробуванні на розтягнення в здовж, не менше		кН/м	20	30	40
Максимальне навантаження при випробуванні на розтягнення в поперек, не менше		кН/м	20	30	40
Навантаження на розтягування при відносному видовжені 2 % в здовж, не менше		кН/м	5	11	13
Навантаження на розтягування при відносному видовжені 5 % в поперек, не менше		кН/м	10	20	25
Навантаження на розтягування при відносному видовжені 5 % в поперек, не менше		кН/м	13	20	25
Відносне видовження при максимальному навантаженні в здовж/ в поперек, не менше		$^0/_0$	10/10	10/10	10/10
Розміри вічок	по довжині	мм	35±5	35±5	
	по ширині	мм	35±5	35±5	35±5

Як бачимо якість матеріалі характеризується в основному міцністю геограток та видовженням при розтяганні. Дистриб'ютори пропонують гратки як для армування ґрунтових та штучних основ [6-8] так і армування асфальтобетонних покриттів [7]. Відсутній показник усадка при зміні температури Як показала практика таких характеристик недостатньо для оцінки якості геограток в повній мірі. Це підтверджується випадками швидкого руйнування доріг через не врахування термостійких властивостей геограток.

Постановка проблеми.

Порівняння характеристики полімерів для виробництва АСМ показує, що поліпропіленові волокна мають низьку температуру плавлення 160 °С, що може приводити до їх деструкції при використання гарячих асфальтобетонних сумішей, температура яких при виробництві повинна становити від 140 до 165°С, у залежності від складу суміші та марки використовуваного бітуму. Крім того, температура крихкості поліпропіленових волокон близько – 10 °С, що можете бути причиною їх термічного розтріскування в зимовий період при спільній дії напружень від перепаду температури та навантаження.

Можливі причини руйнування покриття на об'єкті:

Для асфальтобетону використання матеріалів із поліпропілену не доцільно, через такі причини:

1) Через ефект запам'ятовування форми (при виготовленні гратки способом витягування утворюється анізотропна структура, яка має анізотропні властивості в різних напрямках та зберігається пам'ять матеріалу);

2) Через незадовільну технологічність та крихкість, особливо при понижених температурах спостерігається погана укладка;

3) Основне - це недостатня теплостійкість пропілену, а саме низька температура плавлення.

Наприклад, поліефір (поліестер) має температуру плавлення 240-260 °С. Фірми виробники гарантують збереження властивостей матеріалу до 220 °С. Поліпропілен, з якого виготовлено гратки має температуру плавлення 115-130 °С і рекомендовану температуру для використання 80-90 °С. Температура асфальтобетонної суміші при укладці 120-130 °С для звичайного асфальтобетону, а температура початку ущільнення 110 – 130 °С. Для щебенево - мастикового асфальтобетону, характерна температура асфальтобетонної суміші при укладці на 15 – 30 °С більша, тобто 130-155 °С. Тобто, вже в процесі влаштування покриття в матеріалі внаслідок розігріву і плавлення відбувається видовження нерівномірне в різних напрямках, яке в подальшому при експлуатації приводить до розхитування структури покриття та утворення тріщин типу крокодилова шкіра. Температурні коливання та повторні видовження - стиснення матеріалу в окремих комірках приводять до недостатнього зчеплення між шарами асфальтобетону, що є причиною передчасного руйнуванню покриття. Нажаль дані обґрунтування не були враховані. Результати руйнування конструкції на км. 175 автодороги Кіпті – Глухів – Бачівськ наведеної на рис 1, видно на приведених нижче фото (рис. 2).

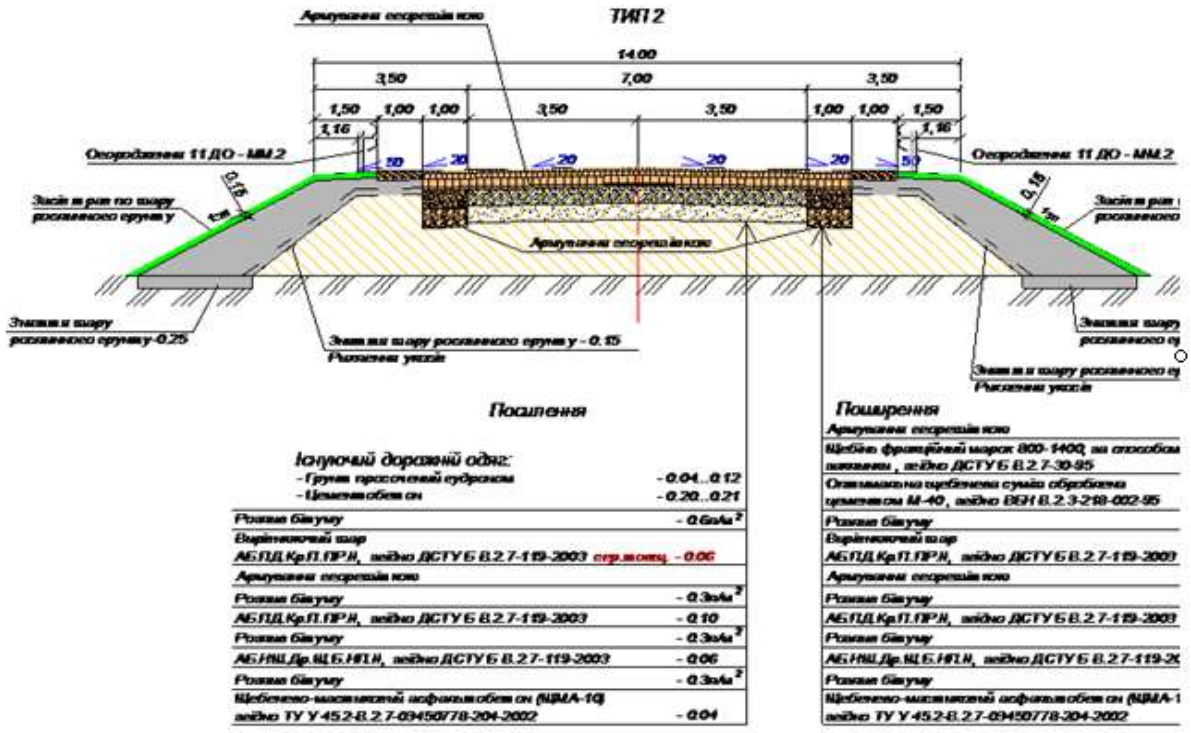


Рис. 1**. Конструкція дорожнього одягу на ділянці**

Реконструкця дороги полягала у віброрезонансному руйнуванні цементобетонної плити товщиною 22 см та влаштовані поверху шару вирівнювання. На ділянках із слабкою основаою руйнування плити не проводилося, було рекомендовано використання нежорстких армуючих грвток, для зменшення ймовірності проявлення відображених тріщин над швами бетонних плит. Зверху вирівнюючого шару вкладено 10 см крупнозернистого асфальтобетону. На ділянці км. 175 конструкція покриття товщиною 6 см влаштовувалась із дрібнозернистого асфальтобетону поверх гратки Tensar AR1 з підложкою на підґрунтовці із бітумної емульсії. Гратка пришпилювалась дюбелями до поверхні достатньо часто. Всі роботи виконувалися якісно при дотриманні існуючих норм стосовно технології влаштування армованого покриття. Роботи виконувалися у вересні 2008 року.



Рис. 2. **Вигляд ділянки на спуску та руйнування асфальтобетонного покриття у верхній частині ділянки**

На початку настання жаркого періоду у середині травня 2009 році знизу спуску виникла перша тріщина. Розкриття якої становило 1,5 – 2 см. Через пару тижнів зверху ділянки довжиною 350 м точно над границею укладки гратки виникла поперечна тріщина. На 07.07 2009 р. ширина розкриття тріщини розриву становила біля 20 см. У поздовжньому напрямку посередині та на краю прохожої частини такою розвинулася тріщина шириною 7-8 см та відбулося сповзання асфальтобетону над граткою.

Якість виконання робіт по влаштуванню покриття була доброю і задовільною. Єдина невідповідність при будівництві - поздовжній ухил 45 промилів, що вище рекомендованих нормами значень (45 промилів).

Основна причина розшарування між покриттям і основою внаслідок температурних деформацій гратки. При контакті із гарячим асфальтобетоном відбувся нагрів гратки внаслідок чого матеріал змінив свої лінійні розміри, при нагріві відбулося нерівномірне видовження, а при охолодженні – зменшення довжини (усадка).

Після руйнувань виконано зняття покриття та гратки і перекриття новим шаром крупнозернистого асфальтобетону та покриття іщебенево – мастикового асфальтобетону ЩИА-20.

Мета дослідження - визначення термостійкості жорстких синтетичних геограток за стандартними методами та лабораторними методами які моделюють умови теплового впливу на дослідні зразки при укладанні асфальтобетону під час будівництва доріг.

Об'єкт досліджень. Геогратки поліпропіленові жорсткі:

число поздовжніх ребер - 16 реб/м .

число поперечних ребер - 18 реб/м.

Основні результати дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Експеримент проведений за наступним планом.

- визначена термостійкість за стандартним методом.
- визначення термостійкості в лабораторних умовах, для чого створювали такі умови теплового впливу на геогратку, що наближені до теплового впливу під час укладання асфальтобетону при будівництві доріг.

За критерієм термостійкості геограток вибрані: зміна лінійних розмірів після теплового впливу, зміна міцності і видовження при розтяганні. За стандартним методом геогратки витримували в термошафі протягом 2 год. при температурі t=160 °С, потім визначали їх характеристики. Проведені також випробування на термостійкість геогратки в термошафі при t=120 °С. і t=100 °С. протягом 10 хв. Результати визначення термостійкості за стандартним методом наведені в табл. 2, а за пропонованою методикою в табл. 3 та 4.

Таблиця 2.

Результати визначення термостійкості ґраток за стандартним методом

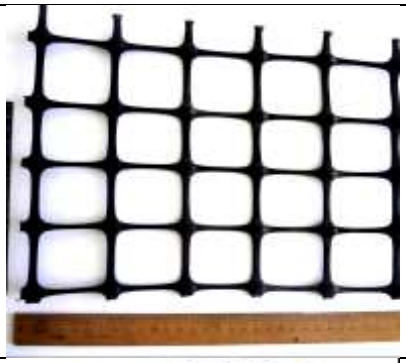
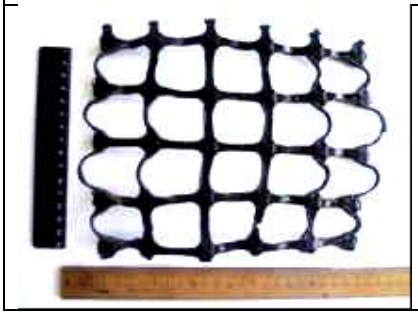
Найменування показників		Вихідні дані	Після випробування в термошафі		
			при t=160 °С. протягом 2 год.	при t=120 °С. протягом 10 хв.	при t=100 °С. протягом 10 хв.
Гранична міцність кН/м					
	за довжиною	37	29,3	-	37,4
	за шириною	30	20,52	-	30,2
Видовження при граничній міцності %					
	за довжиною	15,8	64,5	-	15,9
	за шириною	16,7	38	-	16,6
Навантаження при розтяганні на 5 %, кН/м					
	за довжиною	25	-	-	24,9
	за шириною	13,2	-	-	13,1
Зміна лінійних розмірів після теплового впливу %					
	за довжиною	-	41,9	7,6	0
	за шириною	-	50	3,3	0

Як слідує із даних випробувань за стандартною методикою міцність за довжиною зменшується на 20,8%, за шириною на 31,6%. Ще більше змінюється видовження при граничній міцності зростаючи за довжиною в 3,08 раз, а за шириною 1,28 рази.

Умови випробування, температурний режим та поведінки ґраток після різних режимів випробувань наведено в табл. 3.

Таблиця 3.

Вигляд граток після витримування при різних температурах та умовах навантаження

Зовнішній вигляд після випробувань	Умови випробування	Температурний режим
	1 – закріплена з навантаженням	Пісок був нагрітий до 175 ºС.
	2 – геогратка не закріплена T_0=172 ºС.	Пісок нагріли до 195 ºС, висипали на решітку і решітка в цей момент нагрілась до 101 ºС, через 2 хв. до 138 ºС і далі почала остигати. *Відносна деформація* довжина *I*= 6,3 %, ширина l_1= 1,7%
	3 – закріплена з навантаженням 20 кг, T_0= 205 ºС.	Пісок нагріли до 205 ºС, висипали на гратку і гратка в цей момент нагрілась до 130 ºС, через 2 хв. до 142 ºС і далі почала остигати. *Відносна деформація* довжина *I*= 36,9 %, ширина l_1= 34,0%
	4 – без навантаження	Пісок нагріли до 198 ºС, висипали на гратку і гратка в цей момент нагрілась до 122 ºС, через 2 хв. до 173 ºС і далі почала остигати.
	5 – без навантаження в піску не закріплена гратка на рамці	Нагрів піску до 195 ºС.
	6 – без навантаження	Нагріли пісок до 250 ºС. В момент засипки гратки вона нагрілась до 193 ºС, через 2 хв. температура стала 250 ºС. Після чого вона почала охолоджуватись.

	7 – без навантаження	При засипані піском гратка (пісок нагрітий на 208 ºС), по краям деформувалась і усілася, по центрі проби виникла арка.

Для створення умов теплового впливу на геогратки під час укладання асфальтобетону в лабораторних умовах проведені наступні досліди:

- в термошафі розмістили металевий контейнер з піском і металеву пластину, яку нагрівали до визначеної температури. Геогратки розміщали в дерев'яний контейнер,закріпляли на дні контейнера в кожному вічку. Прикріпляли до геограток датчики для визначення температури нагріву геограток, після чого засипали піском нагрітого до визначеної температури, зверху розміщали нагріту пластину та вантажі для моделювання навантаження асфальтобетону на геогратки під час укладання. Під час контакту з піском фіксувалася температура нагріву геогратки та її температура остигання в часі.

На рис. 3 наведено порівняння зміни температури від часу остигання піску для деяких дослідів при випробуванні граток та зміна температури поверхні покриття від часу остигання асфальтобетонної суміші різної товщини від 2 до 7 см

Розподіл температурних полів при укладці та остиганні асфальтобетонних шарів визначається тепловізійним методом при ремонті покриття на Московському мосту в м. Києві 22.11.2013 та реконструкції автодороги Київ – Ковель у жовтні 2013 року. Спостереження за остиганням шару із литої та щебенево – мастикової асфальтобетонної суміші товщиною від 2 до 7 см дозволило встановити залежність температури поверхні покриття від часу остигання.

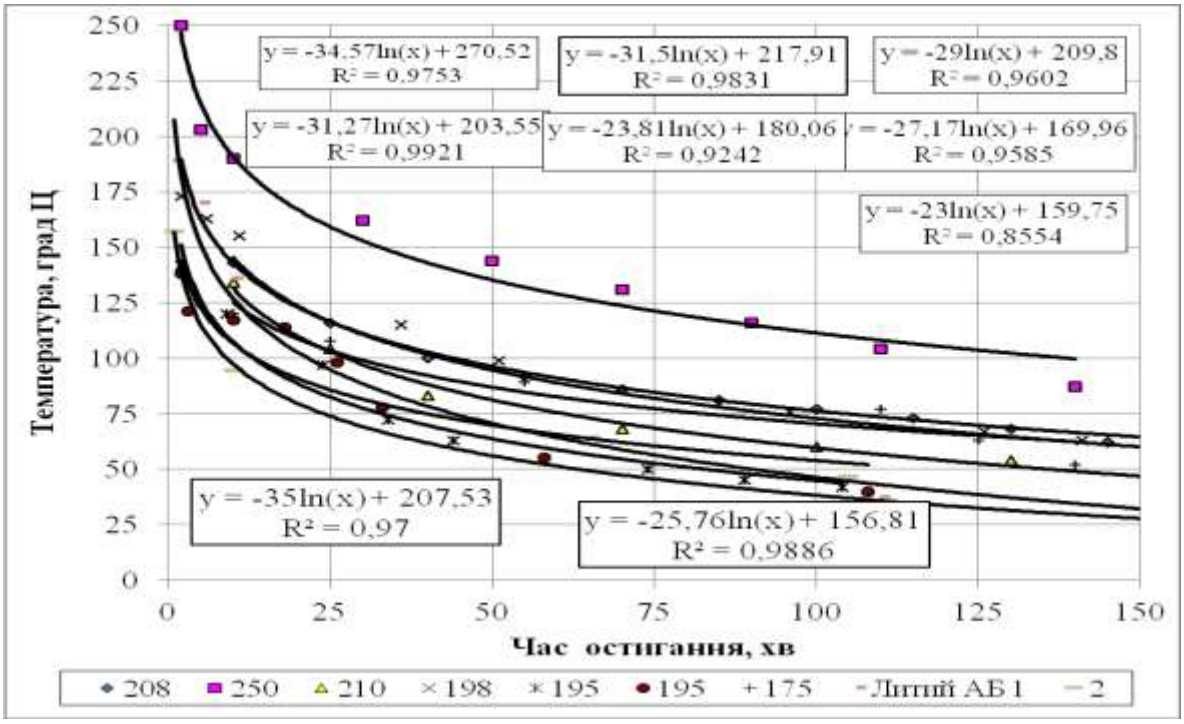


Рис. 3. **Порівняння зміни температури піску від часу остигання при випробуванні граток та зміна температури поверхні покриття від часу остигання асфальтобетонної суміші різної товщини**

Як видно із результатів, запропонована методика остигання граток моделює фактичні температури остигання асфальтобетонних сумішей при влаштуванні та ремонті асфальтобетонних покриттів.

Вплив температури на властивості жорсткої геогратки при розтягненні у вигляді графіка “навантаження – деформація” наведено на рис. 4.

Для правильного вибору ГМ із позицій теплостійкості повинна виконуватися умова:

$$T_{плавл.} > T_{кр}, + \Delta,$$

де $T_{плавл}$ - температура плавлення полімеру, із якого виготовлена гратка, $T_{кр}$ - температура початку ущільнення, яка залежить від температури розм'якшення бітуму $T._{розм}$, для традиційного асфальтобетону $T_{кр}= 92 + T._{розм}$ Δ – запас на температуру, 10 – 15 ºС.

Температура початку плавлення поліпропілену 80 ºС, а температура термодеструкції 155 ºС.. Тобто, поліпропілен ризиковано використовувати у якості армування асфальтобетонних шарів покриття.

Враховуючи, що коефіцієнт лінійного розширення полімерів дуже значний слід очікувати великі лінійні переміщення за рахунок розширення при нагріві або деформування гратки при неможливості вільного переміщення при укладці за рахунок перепаду температур.

Навпаки, при остиганні шару відбувається скорочення окремих смуг, що може стати причиною виникнення внутрішніх напружень і розриву зв’язку асфальтобетонної матриці та матеріалу гратки і розшаруванню основи та покриття. При можливості зміни довжини $\varepsilon_T=\alpha (T_1-T_2)$, приймаючи α - коеф. лінійного-температурного розширення асфальбетону 12 10^{-5} 1/град, а поліпропілену- 15 10^{-5} 1/град, отрмується відносне видовження

$$\varepsilon_T=\alpha (T_1-T_2) = 15 \cdot 10^{-5} (140 - 40)=15\cdot 10^{-5} 100= 1,5 \cdot 10^{-2},$$ або 1,5%.

При довжині ділянки асфальтобетну, що укладається за один прийом 16 м, теоретичне лінійне видовження буде

$$\Delta L =\alpha (T_2-T_1)\, L=15\cdot 10^{-5} (140^0-40^0) \cdot 16 \text{ м} = 0,24 \text{ м} = 24 \text{ см}.$$

Фактичне значення видовження можуть бути меншими за рахунок релаксації напруженнь, однак це потребує додаткових досліджень. Однак, саме цей фактор є причиною піднімання гратки у вигляді хвиль при укладанні асфальтобетонної суміші.

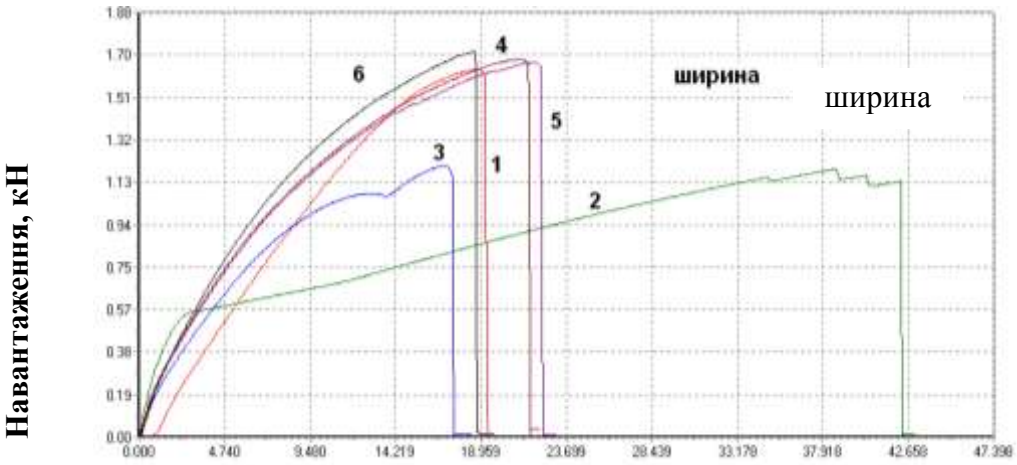




Рис. 4. **Графік "навантаження – деформація" для жорстких граток в поздовжньому та поперечному напрямку:**

1 – вихідний зразок;
2 – стандартна методика 160°С - 120 хв. без піску;
3 – температура 157°С (піску) - 138°С (ґратка) вар. 9 - вільний стан;
4 – температура 158-132°С вар. 10 ґратка не закріплена;
5 – температура 174-140°С вар. 8 ґратка не закріплена;
6 – температура 195-134°С вар. 11 гратка закріплена/

Результати дослідів по визначенню термостійкості ґраток наведені в табл. 4.

Таблиця 4.

Результати дослідів по визначенню термостійкості ґраток

Nп/п	Параметри проведення випробувань					Зміна розмірів							
	Температура нагріву піску, град.	Температура нагріву геоґраток під час контакту з нагрітим піском			Маса ванта жу, кг.	Усадка		Гранична міцність кН/м		Видовження при граничні міцності , %		Навантаження при розтягуванні на 5% ,кН/м	
		Через 2 хв після контакту	Через 10 хв після контакту	Через 120 хв після контакту		ширина	довжина	ширина	довжина	ширина	довжина	ширина	довжина
1	250	203-200	190	34	20	16,6	14	-	-	-	-	-	-
2	210	172	134	30	20	6,3	1,4	-	-	-	-	-	-
3	205	205-180	143	50	20	36,9	34,0	-	-	-	-	-	-
4	198	173-169	155	50	20	40,9	21,2	-	-	-	-	-	-
5	195	170	120	50	20	14,4	9,2	-	-	-	-	-	-
6	195	134	127	26	34	14,4	9,2	-	-	-	-	-	-
7	175	135	120	50	1,5	5,8	1,5	-	-	-	-	-	-
8	175	140	120	38	34	10,6	4,6	30,5	36,3	21,1	14,5	15,3	23,8
9	157-160	138	117	50	20	7,2	1,7	26,5	36	29	12,8	10,7	16,2
10	158-156	132	106	43	34	7	1,2	28,8	36,2	19,9	14	15,7	23
11	195	134-132	127	45	34	5,1	1,3	30,1	37,4	17,9	16,6	16,7	24,8
12	Вихідн дані	-	-	-	-	-	-	30,2	37,4	16,7	15,8	13,2	25

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку. При обґрунтування області використання різних типів ґраток для армування асфальтобетонного покриття необхідно детально враховувати стійкість сировини, з якої виготовлено ґратку до підвищених технологічних температур. Необхідно внести в норми вимоги до теплостійкості ґраток із полімерних волокон.

Остаточне рішення питання можливо тільки на підставі даних прямих випробувань фізичних, механічних і гідравлічних властивостей АСМ. При проведенні порівняльних випробувань проводиться оцінка експлуатаційних властивостей, і визначаються найбільш відповідні типи армуючих матеріалів, що забезпечують оптимальне проектне рішення. Необхідно продовжити дослідження для інших видів граток. Цікавим є встановлення коефіцієнтів запасу на повзучість з врахування температурних впливів на гратки

Порівняльні випробування сприяють нагромадженню теоретичних і експериментальних даних, які необхідні для підвищення якості проектування й надійності конструкцій, а також стимулюють розвиток технологій дорожнього будівництва.

Висновки.

Розроблена методика моделює умови нагрівання жорстких граток при укладанні асфальтобетону, дозволяє вибирати їх за показником "термостійкість" відповідно до діючих температурних режимів влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу.

Поліпропіленові гратки можна використовувати в умовах, коли температура їх нагріву знаходиться в межах 100… 120°С, а час остигання до 50°С не перевищує 30 хв. Для отримання позитивних результатів при використанні поліпропіленових граток при армуванні асфальтобетонних покриттів необхідна їх модифікація з метою забезпечення теплостійкості або зміна технології влаштування асфальтобетонного покриття. Як варіант можливий захист гратки шляхом влаштування тонкошарового покриття із емульсійно – мінеральної суміші (типу Сларрі Сіл або Мультимак), а вже потім влаштування шару із гарячого асфальтобетону.

Проведення вхідного контролю за розробленою методикою, під час вибору граток дозволить уникнути передчасних руйнувань армованих асфальтобетонних покриттів.

Важливі для вибору армуючих синтетичних матеріалів, а саме зміна лінійних розмірів (усадка) при контакті з асфальтобетоном, не надаються виробниками продукції і потребують нормування в держаних стандартах та будівельних нормах.

1. ГБН В.2.3-37641918-544: 2014 Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. – К.: Укравтодор, 2014. – 144 с.
2. Мортон В.Е., Херл Д.В.С.Механические свойства текстильніх волокон. - – М.: Легкая промышленность, 1971. – 179 С.
3. Щербина Е.В. Геосинтетические материалы в строительстве. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 112 с.
4. Перепелки К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности // Рос. Хим. Ж. – М.: 2002. т. XLVI, № 1. – С. 31 - 47.
5. Плоские двуосные георешетки АПРОЛАТ® [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sibur-geo.ru/product/geosetka.
6. Применение георешетки Tenax 3Dgrid в дорожном строительстве [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://geosvit.com.ua/primenenie-materialov/primenenie-georeshetki-tenax-3dgrid-v-dorozhnom-stroitelstve.
7. Контроль трещинообразования асфальтобетонных покрытий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.tensar.ru.
8. Tenax [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.tenax.net/ru/geosynthetics/ products/three-dimensional-geogrids-tenax-3d-grids_ru.htm.
9. Мерзликин А.Е., Гладков В.Ю., Гамеляк И.П. Армирование асфальтобетонных покрытий при строительстве и реконструкции дорожных одежд. Автомоб. дороги: Обзорн. информ. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР.- М.: 1990.- Вып. 5.- 45 с.
10. Гамеляк І.П., Кострицький В.В., Малантьєв В.Ю. Порівняння властивостей геограт для армування асфальтобетонного покриття. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Вип. 75, 2008.- С. 157 - 167.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014.

УДК 625.767

Л.В.Гасенко, Т.П.Литвиненко
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВИМОГ, ЩО ВИСУВАЮТЬСЯ ДО ВЕЛОСИПЕДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ

У статті проаналізовано основні вимоги, що висуваються до велосипедної інфраструктури в Україні та за кордоном. Виявлено недоліки нормативної бази України щодо проектування інфраструктури для руху індивідуальних екологічних транспортних засобів (ІЕТЗ). Визначено основні засоби забезпечення комфортного руху ІЕТЗ у вулично-дорожній мережі населених пунктів.

Ключові слова: *велосипедна інфраструктура, нормативна база, індивідуальний екологічний транспортний засіб, безпека руху, вулично-дорожня мережа.*

Рис 3. Табл 5. Літ 11.

Л.В.Гасенко, Т.П.Литвиненко

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ВЕЛОСИПЕДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ В УКРАИНЕ И ЗА ГРАНИЦЕЙ

В статье проанализированы основные требования, предъявляемые к велосипедной инфраструктуре в Украине и за рубежом. Выявлены недостатки нормативной базы Украины в области проектирования инфраструктуры для движения индивидуальных экологических транспортных средств (ИЭТС). Определены основные средства обеспечения комфортного движения ИЭТС в улично-дорожной сети населенных пунктов.

Ключевые слова: *велосипедная инфраструктура, нормативная база, индивидуальное экологическое транспортное средство, безопасность движения, улично-дорожная сеть.*

L.Hasenko, T.Lytvynenko,

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC REQUIREMENTS THAT APPLAY TO THE CYCLING INFRASTRUCTURE IN UKRAINE AND ABROAD

This paper analyzes the basic requirements that apply to cycling infrastructure in Ukraine and abroad. For convenience of analysis the basic requirements are divided into: requirements for conditions of design, general requirements for the construction of bicycle paths, the requirements for planning parameters, facilities and traffic safety, requirements for road pavement of cycle paths. As a result of the comparative analysis are revealed deficiencies in the legal framework of Ukraine for the design of infrastructure for the movement of individual environmental vehicles (IEV), the most common of which is the bike. The main disadvantages are the fragmentary information on designing cycling infrastructure, lack of the unified normative document on this issue, the lack of cycling infrastructure elements in a typical cross-sections of streets and roads in the settlements. In Ukraine the regulations provides for the construction of bicycle paths where cycling has developed. However, in many developed countries in Europe and the U.S. bicycle component should be considered in every new construction and reconstruction of transport infrastructure. Are determined the main means of comfortable movement of IEV in the road network of settlements. Such means include: the construction of bicycle routes of different functions, the construction of bike paths and lanes, traffic management, building cycling infrastructure facilities (parks, parking lots, service stations, tire inflation points), social security cyclists and coordination of public services.

Keywords*: cycling infrastructure, the regulatory framework, individual environmental vehicle, traffic safety, street and road network.*

Постановка проблеми. Дослідники з різних країн зараз активно працюють над створенням індивідуальних екологічних транспортних засобів (ІЕТЗ), здатних замінити або максимально зменшити використання індивідуальних автомобілів у вулично-дорожній мережі населених пунктів. До таких транспортних засобів відносяться Segway, електровелосипеди, самокати, різноманітні скутери і т.п., зараз найпоширенішим видом ІЕТЗ залишається велосипед. Включення велосипедного руху у вулично-дорожню мережу населеного пункту є досить складною архітектурно-містобудівельною задачею, оскільки при проектуванні більшості вулиць населених пунктів велосипедний рух не враховувався. Аналіз досвіду різних країн з метою розроблення і застосування єдиних норм проектування є необхідною базою для створення якісних проектів велосипедної інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В таких нормативних документах України як ДБН В.2.3-4:2007. «Автомобільні дороги» [1], ДБН В.2.3-14:2006 «Споруди транспорту. Мости та труби» [2], ВБН В.2.3-218-192:2005. «Споруди транспорту. Перехрещення та примикання автомобільних доріг в одному рівні» [3] висуваються вимоги до велосипедних

©Т.П.Литвиненко, Л.В.Гасенко

доріжок на автомобільних дорогах. У ДБН 360-92** «Планування і забудова міських і сільських поселень» [4], ДБН В. 2.3-5-2001. «Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів» [5], ДБН Б. 2.2-5:2011. «Благоустрій територій» [6] – на вулицях населених пунктів. Натомість існує ряд закордонних видань, цілком присвячених організації велосипедного руху у населеному пункті. До таких відносяться: «Університетський курс з велосипедного та пішохідного сполучення», США [7]; щомісячник «Довідник з проектування автомобільних доріг», Англія [8]; підручник з велосипедної політики PRESTO, Нідерланди [9]; Рекомендації з організації руху велосипедного транспорту, Німеччина [10], збірник «Колекція велосипедних ідей» [11], що регулярно видають вчені Данії та інш.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. На сьогоднішній день проектування велосипедної інфраструктури в Україні ускладнюється недостатньою кількістю технічної інформації. Немає єдиного нормативного документа, присвяченого вирішенню задач інтеграції велосипедного руху у вулично-дорожню мережу населеного пункту, відсутня систематизація заходів і засобів її забезпечення.

Мета дослідження. Систематизувати дані про проектування велосипедної інфраструктури, представлені у нормативних документах України, порівняти їх із закордонними. Проаналізувати основні засоби забезпечення комфортного руху велосипедистів у населеному пункті.

Основні результати дослідження. Аналіз нормативних документів показав, що вимоги до велосипедної інфраструктури можна структурувати за такими напрямами:

- *умови проектування велосипедних доріжок;*
- *загальні вимоги;*
- *вимоги до планувальних параметрів;*
- *вимоги до засобів забезпечення безпеки руху (огороджень, перетинів із проїзною частиною та тротуаром, регулювання дорожнього руху);*
- *вимоги до дорожнього покриття.*

Умови проектування велосипедних доріжок

В Україні. Велосипедні доріжки слід проектувати вздовж автомобільних доріг на ділянках, де розрахункова пікова інтенсивність руху велосипедів і мопедів за перші п'ять років в одному напрямку руху складає 50 од/год, або якщо приведена інтенсивність руху автомобілів становить 4000 авт/добу, а загальна інтенсивність руху велосипедів та мопедів складає 400 од/добу. За меншої інтенсивності руху допускається проектувати вело-пішохідні доріжки за параметрами велосипедних доріжок [1].

Велосипедні доріжки слід передбачати за напрямками найбільш інтенсивних транспортних і пішохідних потоків у малих, середніх і великих містах, сільських населених пунктах, а також функціональних зонах найзначніших і значних міст (сельбищних, промислових, ландшафтно-рекреаційних). Прокладати їх необхідно ізольовано від транспортних потоків [4].

Велосипедні доріжки улаштовуються за інтенсивності руху більше 50 велосипедистів за годину "пік" [5].

Тобто нормами України прокладання велодоріжок передбачається там, де велосипедний рух вже розвинений. Але популярним видом транспорту велосипед може стати лише після створення відповідної інфраструктури.

За кордоном. У Транспортному правовому акті 21 сторіччя (TEA-21), що набув чинності у 1994р. в США, зазначено, що велосипедна та пішохідна інфраструктура має розглядатись при кожному новому будівництві та реконструкції транспортної інфраструктури [7].

Велодоріжки слід влаштовувати на всіх ділянках доріг, що проходять через населені пункти, незалежно від інтенсивності руху автомобілів, велосипедистів і пішоходів. Допускається влаштування суміщених тротуарів і велодоріжок [101].

Загальні вимоги до прокладання велодоріжок

В Україні. Велосипедні доріжки необхідно проектувати на відокремленому земляному полотні, за межами укосів насипів та виїмок, а також на спеціально влаштованих бермах. У разі влаштування велосипедних доріжок з одного боку дороги їх слід розміщувати з навітряного боку щодо пануючих вітрів теплого періоду року [1].



Рис. 1. **Рух по велосмузі в одному напрямку з потоком автотранспорту**

Велосмуги слід використовувати або для руху в одному напрямку, або (на вулицях з двостороннім рухом) для руху в одному напрямку з потоком автотранспорту на прилеглій смузі (рис. 1), або (на вулицях з одностороннім рухом) як велосмугу зворотного напрямку. У разі розташування велосипедних смуг по краю проїзної частини вулиць і доріг обов'язковим є їх виділення лініями розмітки [5].

Велосипедні доріжки рекомендується підносити на 15 см над рівнем проїздів [4].

Обов'язковий перелік елементів комплексного благоустрою велосипедних доріжок має включати: твердий тип покриття, елементи сполучення поверхні велосипедної доріжки з прилеглими територіями, обладнання для паркування велосипедів.

На велосипедних доріжках необхідно передбачати освітлення та, у разі розміщення їх на рекреаційних територіях, озеленення. Насадження вздовж велосипедних доріжок не повинні скорочувати габарити доріжки, висота вільного простору над рівнем покриття доріжки має складати не менше ніж 2,5 м [6].

За кордоном. Форма руху велосипедного транспорту має обиратись залежно від інтенсивності та швидкості дорожнього автомобільного руху (див. табл.1) [10].

Таблиця 1.

Підпорядкування форм руху діапазонам навантаження на міських вулицях

Діапазон наванта-ження	**Форми руху для велотранспорту**	**Граничні умови для зміни діапазону навантаження вгору чи вниз**
1	2	3
I	- змішаний рух з автотранспортом на проїзній частині (велосипедні доріжки, що є обов'язковими для використання, потрібно виключати)	- на крутих підйомах рух на проїзній частині може доповнюватися, за потреби, рухом по тротуару, із застосуванням відповідної інформаційної таблички «Велосипедистам дозволено»; - якщо дозволяє ширина проїзної частини, при більшій інтенсивності руху корисними можуть бути також захисні смуги; - при великій ширині проїзної частини раціональним є розподіл проїзної частини щонайширшими захисними смугами
II	- захисні смуги; - комбінація змішаного руху на проїзній частині і руху по тротуару із табличкою «Велосипедистам дозволено»; - комбінація змішаного руху на проїзній частині і руху по велодоріжці з необов'язковим її використанням; - комбінація захисної смуги і «тротуару» із табличкою «Велосипедистам дозволено» - комбінація захисної смуги і наявної велодоріжки з необов'язковим її використанням	- при незначному русі вантажних автомобілів, спусках з поздовжнім нахилом понад 3%, добре видимій розмітці і придатній проїзній частині може бути доцільним змішаний рух; - при значному русі важкого транспорту, нечіткій розмітці і несприятливих поперечних розрізах проїзної частини розглядають можливість вибору вело смуги чи велодоріжки із обов'язковим їх використанням

III/IV	- велосмуга; - велодоріжка; - спільна пішохідна і велосипедна доріжка	- у діапазоні навантаження III з незначним рухом важкого транспорту і добре видимою розміткою може також застосовуватися захисна смуга у комбінації з табличкою «тротуар / також велосипедисти»

Планувальні параметри

В Україні. *Кількість смуг руху* на велосипедних доріжках необхідно приймати з розрахунку пропускної спроможності однієї смуги 300 велосипедів та мопедів за годину [1, 5]. За [4] – 1-2 смуги руху.

Ширину велосипедної доріжки рекомендується приймати згідно [1] (див. табл. 2).

За [4] мінімальна *ширина смуги руху велосипедів* – 1,5 – 2,0 м.

Рекомендації до *ширини розділювальної смуги* представлені у [5] (див. табл. 3).

Радіуси кривих у плані повинні бути не менше 50 м [1, 4]. Радіуси вертикальних кривих [1] не менше:

- 500 м для опуклих кривих;
- 150 м для увігнутих кривих.

Таблиця 2.

Рекомендована ширина велосипедної доріжки і смуги руху

Тип велосипедних доріжок	**Ширина велосипедної доріжки, м**	
	У вільних умовах	**У стислих умовах**
Велосипедні доріжки:		
- одностороннього руху	2,5	1,5
- двостороннього руху	3,0	2,5
Примітка. До стислих відносяться умови прокладання велосипедних доріжок у місцях забудови капітальними спорудами або складного рельєфу.		

Таблиця 3.

Мінімальна ширина розділювальної смуги

Розташування розділювальної смуги	**Мінімальна ширина розділювальної смуги, м**		
	Магістральні вулиці		**Вулиці та дороги місцевого значення**
	Безперервного руху	**Регульованого руху**	
Між проїзною частиною і велодоріжкою	-	3	1
Між тротуаром і велодоріжкою	-	2	2

Поздовжні і поперечні ухили. Велосипедні доріжки необхідно проектувати з поздовжнім ухилом не більше ніж 30 ‰ та поперечним ухилом від 15 ‰ до 25 ‰ . В умовах складного рельєфу поздовжній ухил можна збільшувати до 40 ‰ на ділянках завдовжки до 300 м та 60 ‰ на ділянках завдовжки 100 м. На ділянках протяжністю більше ніж 100 м необхідно передбачати відрізки завдовжки понад 20 м з ухилом не більше ніж 30 ‰ [1].

За [4] найбільший поздовжній ухил – 40 ‰.

Розрахункова швидкість руху – 30 км/год [4].

За кордоном. У закордонних виданнях можна знайти методи розрахунку і номограми для визначення мінімально допустимих *радіусів горизонтальних кривих* (залежно від розрахункової швидкості руху, коефіцієнту тертя дорожнього покриття і поперечного ухилу), *вертикальних кривих* (залежно від довжини гальмівного шляху) і *довжини гальмівного шляху* (залежно від ухилу велосипедного шляху та швидкості руху) [8, 10]. Меншою у порівнянні із нормативними вимогами України є мінімальна *ширина смуги безпеки* між велодоріжкою і дорожньою смугою: в межах населених пунктів – 0,5м, поза межами – 1,75 м [102, 10]. У *типові поперечні профілі* вулиць і доріг населених пунктів включені велосипедні доріжки та смуги руху [11, 8].

Безпека руху

В Україні. *Огородження.* На підходах до штучних споруд велосипедні доріжки можна розміщувати на узбіччях та відокремлювати їх від проїзної частини *дорожньою огорожею* першої групи згідно з ДСТУ 2735 [1].

При наявності тротуарів або службових проходів з їх зовнішньої сторони встановлюються *перила* висотою 1,1 м; для велосипедних доріжок висота перил повинна бути не меншою 1,3 м; Заповнення перил має бути таким, щоб на висоті 70 см від покриття заповнення не мало отворів, крізь які пройде предмет діаметром 15 см, а вище – 22 см. Заповнення перил тротуарів (у населених пунктах) має бути з вертикальними заповнювальними елементами, які б не давали змоги використання їх як "драбини" [2].

Перетин велосипедних доріжок з проїзною частиною та тротуаром. Проїзну частину автомобільних доріг І-б, ІІ, ІІІ, ІV та V категорій велосипедні доріжки повинні перетинати під кутом від 80° до 100°. При цьому велосипедна доріжка на відстані 5,0 м з кожного боку від крайки проїзної частини повинна бути прямою у плані.

Перехрещення тротуарів і велосипедних доріжок потрібно передбачати в одному рівні з улаштуванням рампи (пандусу) завдовжки відповідно 1,5 і 3 м [4].

Умови оглядовості (відстані видимості транспортних засобів, пішоходів, велосипедистів) на перехресті нерівнозначних доріг визначають з точок зору водія автомобіля, розташованих на відстані 1,5 м від краю проїзної частини (крайньої смуги руху) на висоті від 1,1 м до 2,5 м над поверхнею дорожнього покриття.

При відсутності можливості здійснення вимог оглядовості для велосипедистів (табл. 4), необхідно заборонити рух на велосипедах, з тим, щоб дорогу пересікали пішоходи, які ведуть велосипед [3].

Таблиця 4.

Відстані оглядовості велосипедиста у метрах

Відстані оглядовості	**Категорія дороги**		
		I, II	III, IV
Відстань від велосипедиста до проїзної частини (Lp)	20	10...20	3...10

Дорожні знаки. Знак 1.34 «Виїзд велосипедистів» (рис. 2. а) повинен установлюватись поза перехрестями перед перехрещеннями з велосипедною доріжкою, а також на ділянці дороги, де можлива раптова поява велосипедистів та їх рух через проїзну частину.



а) б) в)

Рис 2. **Дорожні знаки, що регулюють велосипедний рух**

Знак 4.12 «Доріжка для велосипедистів» (рис. 2. б) повинен застосовуватись, щоб позначати доріжки, рухатися якими дозволено тільки на велосипедах і мопедах.

Якщо смугу, призначену для руху велосипедистів, відокремлено від основної проїзної частини розміткою 1.1 за ДСТУ 2587, знак 4.12 у поєднанні з табличкою 7.9 повинен бути розташований над смугою. Якщо смугу відокремлено від основної проїзної частини бордюром або бар'єром, знак допускається установлювати праворуч від смуги. Знак 4.12 повинен повторюватись після кожного перетину велосипедної доріжки з дорогою

Знак 4.14 «Доріжка для пішоходів і велосипедистів» (рис. 2. в) повинен застосовуватись для позначення доріжки, призначеної для двох категорій учасників дорожнього руху (пішоходів і велосипедистів). У цьому разі рух інших учасників руху забороняється. Знак 4.14 установлюється на початку доріжки і дублюється після кожного перехрестя [5].

Світлофорне регулювання. Вводити світлофорне регулювання, яке здійснюється світлофорами типів 1 та 2 в місці перетинання дороги й велосипедної доріжки, треба у випадку,

коли велосипедний рух має постійний характер, а його інтенсивність перевищує 50 велосипедистів на годину.

Використовуючи світлофори типу 3 для регулювання руху велосипедистів їх передбачається встановлювати праворуч від велосипедної доріжки на відстані від 0,4 до 1,5 м обладнуючи табличкою білого кольору з чорним символом велосипеда, згідно з ДСТУ 4100. Табличка повинна мати форму квадрата із стороною 200 мм.

Нажаль, в населених пунктах України такі світлофори зустрічаються вкрай рідко, що свідчить про нерозвиненість інфраструктури.

За кордоном. Виокремлено основні принципи організації велосипедного руху *на перехрестях* [9]:

- влаштування простих нерівнозначних перехресть (на дорогах зі змішаним користуванням і швидкістю 30 км/год);
- односмуговий кільцевий рух (при великій інтенсивності дорожнього руху);
- перехрестя зі світлофорним регулюванням (на головних дорогах з напруженими потоками транспорту);
- різнорівневі рішення (для перетину найбільш завантажених доріг та об'їзду складних і небезпечних перехресть).

Розрізняють *4 основних типи перехресть*, критерії застосування яких описані у [10]:

- перехрестя із регулюванням за принципом «перевагу має той, хто справа» (нерегульовані перехрестя);
- перехрестя із регулюванням пріоритету в'їзду за допомогою встановлених дорожніх знаків;
- перехрестя, де черговість проїзду визначається сигналами світлофора;
- перехрестя із кільцевим рухом.

Дорожні знаки, що стосуються регулювання велосипедного руху, аналогів яким немає в українських нормативних документах [10] наведені на рис. 3.

а)  б) 

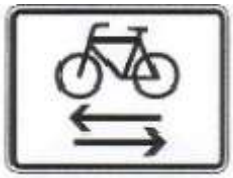
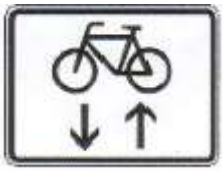
в)  г)  д) 

Рис. 3. **Дорожні знаки, що регулюють велосипедний рух, аналогів яким немає в українських нормативних документах**

а) розділена вело-пішохідна доріжка; б) початок велосипедної вулиці; в) велосипедний рух злів та справа; г) рух велосипедистів у зустрічному напрямку; д) велосипедистам дозволено.

Найважливіші елементи планування для забезпечення зручного руху велосипедистів на перехрестях зі *світлофорним регулюванням* наведені в табл. 5.

Таблиця 5.

Елементи планування на перехрестях зі світлофорним регулюванням *[10]*

	Рух прямо	**Рух ліворуч**
Головні дороги, з довшим часом зеленого сигналу	- захисні смуги, велосипедні смуги або велосипедні доріжки для проїзду повз автомобільний транспорт, що зупинився в очікуванні;	- площа очікування для поворотів у два прийоми; - велосипедна смуга для повороту ліворуч, об лаштована перед перехрестям;

	- продовження захисної смуги у межах перехрестя; - маркування вело переїздів по ходу велосипедних смуг і доріжок; - велосипедні стоп-лінії перед автомобільними; - відмова від окремої смуги для повороту автомобілів праворуч	- захисні велосмуги на автомобільних смугах для лівого повороту; - додаткове місце для зупинки велосипедів на світлофорі.
Другорядні дороги або смуги для повороту з меншим часом зеленого сигналу	- зазвичай поворот ліворуч в один прийом; - захисні смуги або велосипедні смуги для проїзду повз автотранспорт; - розширені велосмуги для очікування.	

Вимоги до покриттів велосипедних доріжок

В Україні. Для розрахунку міцності дорожнього одягу велосипедних і пішохідних доріжок завширшки 3 м і більше необхідно приймати такі навантаження:
мінімальне статичне навантаження на вісь – 60 кН [1, 5].
мінімальне статичне навантаження на колесо – 30 кН [1, 5].
динамічне на колесо – 39 кН [5].

Дорожній одяг велосипедних доріжок рекомендується проектувати як для вулиць і доріг полегшеного та перехідного типів.

За відповідних, у тому числі санітарно-епідеміологічних, обґрунтувань для велосипедних доріжок допускається в основах і підстильних шарах використовувати золи, металургійні шлаки, золошлакові суміші ТЕС і ДРЕС, фосфогіпси та фосфополугідрати, нефелінові і бокситові шлаки та інші матеріали

У межах населених пунктів, а також у курортних і рекреаційних районах і зонах відпочинку не дозволяється використання для верхніх шарів дорожнього одягу в'яжучих матеріалів з відходів і побічних продуктів коксохімічного виробництва. Застосування таких матеріалів може бути допущене на ділянках доріг, що знаходяться не менше, ніж за 1,5 км до житлових і громадських будинків [5].

За кордоном. Конструкції дорожніх одягів велосипедних доріжок прийняті аналогічними конструкціям тротуарів [101].

Основні вимоги щодо шарів покриття велошляхів [10]:

- верхній шар покриття повинен давати можливий незначний опір коченню протягом доволі тривалого часу;
- поверхня повинна залишатись неслизькою у мокрому стані;
- велошлях повинен бути придатним для руху у будь-яку погоду (хороше водовідвення для уникнення утворення калюж і оббризкування брудом, уникнення накопичення пилу, можливість очищення територій від снігу).

Висновки.

1. Технічна інформація про проектування елементів велосипедної інфраструктури в Україні представлена у різних нормативних документах фрагментарно і не в повній мірі. Єдиного нормативного документа немає.

2. В нормативних документах України прокладання велодоріжок передбачається там, де велосипедний рух вже розвинений. Натомість у багатьох розвинених країнах Європи та США велосипедна складова має розглядатись при кожному новому будівництві та реконструкції транспортної інфраструктури.

3. Згідно діючих норм в Україні можливі наступні форми велосипедного руху:
- по відокремленій велосипедній доріжці;
- по крайній правій смузі автомобільної дороги (у разі відсутності велосипедної смуги руху);
- по велосипедній смузі (без права проїзду по проїзній частині і тротуару);
- по спільній вело-пішохідній доріжці (якщо така наявна);

- по тротуару (для дітей до 14 років).

У різних країнах світу цей перелік може доповнюватись такими формами як:

- рух по розділеній вело-пішохідній доріжці;
- комбінація змішаного руху на проїзній частині і руху по тротуару із табличкою «Велосипедистам дозволено»;
- комбінація змішаного руху на проїзній частині і руху по велодоріжці з необов'язковим її використанням;
- рух по велосипедній вулиці;
- рух по велополітенам, монорельсам, підвісним велосипедним дорогам і т. ін.

4. У типових поперечних профілях вулиць і доріг населених пунктів України елементи велосипедної інфраструктури відсутні.

5. Нормування техніко-експлуатаційних показників дорожнього одягу коефіцієнта зчеплення, і показника рівності для велосипедних доріжок і смуг руху у жодних нормативних документах не виявлено.

6. Не виявлено жодних рекомендацій щодо особливостей проектування інфраструктури для руху інших (окрім велосипедного транспорту) індивідуальних екологічних транспортних засобів (Segway, самокатів, скутерів і т.п.).

Перспективи подальших досліджень складають:

- визначення методів розрахунку оптимальних параметрів елементів велосипедної інфраструктури;
- складання пропозицій щодо доповнення типових поперечних профілів елементами велосипедного руху у різних формах.

1. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. - [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Споруди транспорту. Мости та труби: ДБН В.2.3-14:2006. - [Чинний від 2007-10-31]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Споруди транспорту. Перехрещення та примикання автомобільних доріг в одному рівні: ВБН В.2.3-218-192:2005. – [Чинний від 2006-05-26]. – К.: УКРАВТОДОР, 2005. – 33 с. – (Відомчі будівельні норми України).
4. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04- 19]. – К.: Держбуд України, 2002. – 126 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В. 2.3-5-2001. – [Чинний від 2001-10-01]. – К.: Держбуд України, 2001. – 126 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Благоустрій територій: ДБН Б.2.2-5:2011 - [Чинний від 2012-09-12]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 64 с. – (Державні будівельні норми України).
7. Federal Highway Administration University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation [Shawn Turner, Laura Sandt, Jennifer Toole, Robert Benz, Robert Patten]. – US Departmen of Transport, 2006. – 453 p.
8. Bicycle Transportation Design / AASHTO // Highway Design manual. – 2012 – May 7 – 1000 – 15 p.
9. Dirk Dufour. PRESTO. – Netherlands, Ligtermoet & Partners, 2010. – 52 p.
10. Рекомендації з організації руху велосипедного транспорту (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, ERA), переклад українською німецьким товариством міжнародного співробітництва GIZ/ [Маркус Лернер, Данкмар Альтрутц, Райнголь Байєр, Петер Гвязда, Міхаель Гаазе та інш.]. – м. Кельн, Німеччина: Робоча группа з проектування вулиць, 2010. – 103 с.
11. Collection of Cycle Concepts / [Soren Underlien Jensen, Troels Andersen, Winnie Hansen, Erik Kjergaard, Thomas Crag, Jens Erik Larsen, Belinda la Cour Lund, Per Thost]. – Denmark, Road Directorate, 2000. – 187 p.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014.

©Т.П.Литвиненко, Л.В.Гасенко

УДК 621.436

О.С.Гембарський, А.П.Поляков,
Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
Вінницький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ МАШИН ІНЖЕНЕРНОГО ОЗБРОЄННЯ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ

Підвищення рівня підготовленості водіїв машин інженерного озброєння актуальне завдання, для вирішення якого найбільш доцільно використовувати в процесі підготовки водіїв тренажерні комплекси. Застосування котрих, поряд з безумовним дидактичним ефектом, дає немалий економічний ефект за рахунок відсутності витрати паливно-мастильних матеріалів, амортизаційних витрат техніки, витрат, пов'язаних з ремонтом техніки внаслідок неправильної експлуатації, утриманням центрів навчання тощо.

Ключові слова*: тренажерний комплекс, підготовка водіїв, ефективність застосування машин інженерного озброєння.*

О.С. Гембарский, А.П.Поляков

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ МАШИН ИНЖЕНЕРНОГО ВООРУЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ТРЕНАЖОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Повышение уровня подготовленности водителей машин инженерного вооружения актуальная задача, для решения которой наиболее целесообразно использовать в процессе подготовки водителей тренажерные комплексы. Применение которых, наряду с безусловным дидактическим эффектом, дает немалый экономический эффект за счет отсутствия затрат на горюче-смазочных материалов, амортизационных затрат техники, затрат, связанных с ремонтом техники вследствие неправильной эксплуатации, содержанием центров обучения и т.п.

Ключевые слова*: тренажерный комплекс, подготовка водителей, эффективность применения машин инженерного вооружения.*

O.Hembarskyy, A.Polyakov

RAISING MACHINES DRIVER TRAINING ENGINEERING ARMAMENT THROUGH THE INTRODUCTIOM OF A TRAINING FACILITY

In modern times in the Armed Forces of Ukraine, an important task is to maintain weapons and military equipment in good condition and boyohotovnomu . Support vehicles artificial arms in constant readiness for combat use one of the conditions for carrying out engineering tasks and parts depends on the correct operation and its high level of training of crews . However, this implied a significant problem in the state of military and special purpose vehicles as a military training drivers and driver , crew .

Managing modern machines artificial arms while moving is quite a complex process of interaction between the driver and the road environment. The quality of preparation for the intended use of all these components of the system significantly affects the ultimate goal of control - motion machine engineering weapons.

Increased fitness of drivers relevant tasks for which the most appropriate to use in preparing drivers Training complexes. Applications which, along with the absolute didactic effect, gives considerable economic benefit due to lack of consumption of fuel and lubricants, machinery depreciation costs , costs associated with the repair of vehicles due to improper operation, maintenance training centers and more.

In developing the requirements for a training facility for the preparation of engineering machinery weapons necessary to assess the cost-effectiveness of their use . According to the well known approach for determining the cost-effectiveness of new technology the results of its creation are characterized by economy, which is obtained in the sample , measured on the basis of comparison with another object. In this regard, it is difficult to assess the cost-effectiveness of road training facility that determine the results in the form of savings that results also in the right proportion of these savings pryzvedenymy costs. Also also difficult to calculate the various costs of time and the need to consider the dynamic economic dependency of the results of the cost to achieve them.

Keywords*: training facility, training for drivers, efficiency of machine engineering weapons.*

Сучасна міжнародна обстановка, завдання, які поставлені перед Збройними Силами України вимагають щоб боєготовність і боєздатність з'єднань, частин і підрозділів були на високому рівні. Постійний розвиток засобів та способів збройної боротьби і викликані цим зміни в характері сучасного загальновійськового бою не тільки ускладнили зміст системи забезпечення бойових дій армійського корпусу, а й різко підвищили вимоги до її функціонально пов'язаних підсистем. Під системою забезпечення бойових дій, від ефективності якої залежить боєготовність та боєздатність частин і підрозділів, мається на увазі сукупність її видів забезпечення, як бойове, технічне, тилове та морально-психологічне.

©О.С. Гембарський, А.П.Поляков

Системи забезпечення бойових дій частин і підрозділів притаманні всі відмінні ознаки складності системи [1-3]:

усі елементи системи орієнтовані на виконання головного завдання - виконання поставлених завдань;

здійснюється взаємодія із зовнішнім середовищем - усі елементи удосконалюються під час виконання комплексу заходів бойової підготовки, яка є основним змістом повсякденної діяльності частин і підрозділів в мирний час та залежить від повноти і якості забезпечення;

включає в себе багато взаємопов'язаних і взаємозалежних елементів;

управління системою має ієрхаічну структуру.

Функціонально пов'язані підсистеми видів забезпечення у свою чергу включають в себе інші елементи:

технічне забезпечення - танко-технічне забезпечення, ракетно-технічне забезпечення, артилерійсько-технічне забезпечення, інженерно-технічне забезпечення, хіміко-технічне забезпечення, технічне забезпечення служб тилу, метрологічне забезпечення, автотехнічне забезпечення;

тилове забезпечення - забезпечення: матеріальне, транспортне, інженерно-аеродромне, аеродромно-технічне, ветеринарне, квартирно-експлуатаційне, фінансове, торговельно-побутове;

морально-психологічне забезпечення - психологічне забезпечення, воєнно-соціальна робота, інформаційно-пропагандиське забезпечення, культуро-виховна робота, інформаційно-психологічне забезпечення.

Взаємозв'язок елементів підсистем можна розглянути на такому прикладі. Від забезпечення паливо-мастильними матеріалами залежить працездатність танко-технічного забезпечення, авто технічного, інженерно-технічного забезпечення та інших. У свою чергу від соціального забезпечення залежать усі види забезпечення тому що особовий склад визначає значну частину виконання функціонального призначення перелічених підсистем. Від автотехнічного забезпечення залежить постачання паливно-мастильних матеріалів, мобільність ремонтних майстерень танко-технічного забезпечення, забезпеченість працездатності усієї ынженерноъ техніки армійського корпусу і т.д.

У сучасний час у Збройних Силах України важливою задачею є підтримання озброєння і військової техніки у справному і бойоготовному стані. Підтримка машин інженерного озброєння у постійній готовності до бойового застосування є одним із умов забезпечення виконання інженерними частинами завдань і залежить від правильної її експлуатації та високого рівня професійної підготовки складу екіпажів. Разом з цим маються значні проблеми у стані воєнних машин спеціального призначення і якості підготовки військових водіїв та механікив-водіїв, членів екіпажів, що пов’язано з недостатньою кількістю пального і інших експлуатаційних матеріалів, але не менш важливе питання впровадження нових технічних елементів безпечного керування машинами інженерного озброєння.

У загальному комплексі тенденцій пошуку шляхів підвищення ефективності використання машин інженерного озброєння важливе місце займає питання підготовки членів екіпажів.

Проблема підвищення рівня професійної підготовки фахівців Збройних Сил із кожним роком стає усе більш актуальною. Фахівці операторського профілю приймають, як правило, найбільш складні та відповідальні рішення при використанні об'єктів управління, причому від правильності їх дій, уміння вчасно знайти та реалізувати в складній ситуації вірне рішення залежить не лише ефективність виконання завдань, покладених на об’єкт управління, але, в ряді випадків, цілісність самого об'єкта та життя людей. Виходячи з цього, перед допуском до самостійної роботи на об'єктах управління будь-якого типу доцільно для підвищення рівня майстерності провести після теоретичної підготовки навчання на тренажерних комплексах.

Управління сучасними машинами інженерного озброєння при переміщенні є достатньо складним процесом взаємодії водія, дороги та навколишнього середовища [4]. Якість підготовки до застосування за призначенням всіх перелічених складових системи суттєво впливає на кінцеву мету управління - рух машини інженерного озброєння.

В військових умовах з цієї системи головним, безумовно, є водій Наявність дороги та її підготовка до руху машин інженерного озброєння не є визначальною для них, які можуть, а

здебільшого і будуть, застосовуватись і в умовах бездоріжжя. Підготовка машини інженерного озброєння до руху, насамперед залежить від підготовленості водія. В процесі руху роль водія стає визначальною, тому що в екстремальних ситуаціях технічно правильне управління машиною дозволяє виконати поставлене завдання та уникнути аварійних ситуацій. При цьому головній характеристикою водія є його майстерність.

Під майстерністю водія розуміється властивість зберігати параметри функціонування в межах, які забезпечують безпеку на відповідних режимах руху і умов використання машини інженерного озброєння. До основних факторів, які визначають майстерність водія $М_В$ належать його професійна придатність $П_{ПР}$, підготовленість $П_{ПІ}$ та працездатність $П_{ПРА}$, які є об'єктивними факторами.

До основних факторів, які визначають майстерність водія $М_В$ належать його професійна придатність, підготовленість та працездатність, які є об'єктивними факторами, відповідно:

$$М_В = f(П_{пр}; П_{пі};П_{пра}). \quad (1)$$

Придатність водіїв $П_и$ визначається станом здоров'я та психофізіологічними якостями. В основі цих якостей водія лежать особливості протікання його психічних процесів. Головною чисельною характеристикою придатності водія $П_{пр}$ є час $Т_в$ виконання ним тих чи інших дій при управлінні машинами інженерного озброєння (МІО), тобто:

$$П_{пр}=f(Т_в). \quad (2)$$

Величина часу виконання дій $Т_в$ є продуктом комплексного впливу достатньо великої сукупності чинників і може бути визначена за наступним виразом:

$$Т_в=t_ф - \Delta t_{ср}+ \Delta t_х+ \Delta t_л+ \Delta t_{ал}+ \Delta t_{рс}+ \Delta t_т+ \Delta t_в+ \Delta t_п+ \Delta t_v+ \Delta t_{рт}- \pm \Delta t_н \pm \Delta t_{ін}, \quad (3)$$

де: $t_ф$ - фізіологічний час виконання дії водіями;

$\Delta t_{ср}$ - зміна часу, обумовлена тривалістю стажу роботи водія;

$\Delta t_х$ - зміна часу, обумовлена хворобою водія;

$\Delta t_л$ - зміна часу, обумовлена застосуванням ліків водієм;

$\Delta t_{ал}$ - зміна часу, обумовлена впливом алкоголю на водія;

$\Delta t_{рс}$ - зміна часу, обумовлена впливом сонячної радіації;

$\Delta t_т$ - зміна часу, обумовлена віком водія;

$\Delta t_в$ - зміна часу, обумовлена впливом атмосферного тиску;

$\Delta t_п$ - зміна часу, обумовлена перевтомленням водія;

Δt_v - зміна часу, обумовлена швидкісним режимом руху водія;

$\Delta t_{рт}$ - зміна часу, обумовлена рухом в темряві та в умовах недостатньої видимості (сніг, дощ, мряка);

$\Delta t_{он}$ - зміна часу, обумовлена очікуванням небезпеки;

$\Delta t_н$ - зміна часу, обумовлена настроєм водія;

$\Delta t_{ін}$ - зміна часу, обумовлена іншими чинниками.

Фізіологічний час виконання дії $t_ф$ є сумою складових, які мають достатньо високий рівень варіації у різних водіїв та який описується виразом:

$$t_ф = + t_а + t_{вд}\ , \quad (4)$$

де: $t_{сі}$ - час виявлення джерела інформації та його сприйняття;

$t_а$ - час на аналіз інформації та відпрацювання рішення;

$t_{вд}$- час на виконання дій.

Вплив більшості перелічених у виразі (3) складових збільшує величину часу виконання дій $Т_в$ за виключенням $\Delta t_{ср}$, $\Delta t_{он}$ та $\Delta t_н$, що цілком зрозуміло.

Підготовленість водіїв $П_{пі}$ визначається рівнем їх професійних знань і навичок, які вони набувають в процесі навчання та наступній професійній діяльності. Добра підготовка водіїв

визначається наявністю широкого діапазону навичок, які забезпечують правильні та своєчасні дії в критичних дорожніх ситуаціях.

Достатньо високий рівень $П_{пі}$ дозволяє [5]:

максимально використовувати технічні можливості МІО і безпомилково, з мінімальними витратами сил управляти машиною;

вірно оцінювати та своєчасно передбачати можливі зміни дорожньої обстановки і попереджати виникнення аварійних ситуацій;

управляти МІО на великих швидкостях, вночі, в тумані, при високої інтенсивності руху, в гірських та інших складних умовах.

Крім того важливою складовою $П_{пі}$ є психологічна підготовка та спеціальна бойова підготовка водіїв (механіків-водіїв). Ці два види підготовки мають високу ступень взаємозв'язку як в методах і способах, так і в меті проведення: здатності водія в складних бойових умовах як в безпосередньому вогньовому контакту так і поза ним, цілеспрямовано виконувати бойову задачу.

Працездатність $П_{пра}$ - це стан водія, якій дозволяє йому виконувати роботу з високими якісними показниками. Висока працездатність має велике значення для забезпечення надійності водія $М_В$. $П_{пра}$ безпосередньо впливає на загальну якість управління МІО, зниження якої може мати наслідком відмови машини інженерного озброєння та зрив виконання бойової задачі.

Крім того, великий вплив на майстерність водія $М_В$ мають суб'єктивні фактори. При одному і тому ж рівні підготовленості водій буде більш надійним в простих дорожніх умовах та менш надійним в складних.

Таким чином, майстерність водія $М_В$ є досить складним поняттям, яке формується під впливом великої чисельності як об'єктивних так і суб'єктивні факторів. Кількісна оцінка надійності водія - складна задача, тому що моделювання управляючих властивостей водія супроводжується низкою допущень. Однак, якщо прогнозно-кількісно оцінити кінцевий результат впливу водія на МІО, а саме здатність машини продовжувати рух в тих чи інших дорожніх ситуаціях, що і є визначальним для засобів рухомості військової техніки спеціального призначення.

Що стосується головної чисельної характеристики дій водія, то це, безумовно, є час їх виконання $Т_в$, який можливо описати, як варіант, за виразами 3, 4 на підставі достатньої чисельності експериментальних даних.

Таким чином, підвищення рівня підготовленості водіїв означає не лише надання певного комплексу знань, а й відпрацювання певного переліку дорожньо-транспортних ситуацій з метою зменшення часу реакції водія та доведення його дій в певних межах до автоматизму.

Для вирішення цього завдання найбільш доцільно використовувати в процесі підготовки водіїв тренажерні комплекси. Застосування котрих, поряд з безумовним дидактичним ефектом, дає немалий економічний ефект за рахунок відсутності витрати паливно-мастильних матеріалів, амортизаційних витрат техніки, витрат, пов'язаних з ремонтом техніки внаслідок неправильної експлуатації, утриманням центрів навчання тощо.

Тренажерний комплекс та його складові частини призначені:

для відпрацювання елементів безпечного водіння машин інженерного озброєння на полігонах видів Збройних Сил України,, корпусів, автодромах з'єднань;

для перевірки рівня професійної підготовки військовослужбовців, які є фахівцями інженерної служби;

для якісної підготовки водіїв, механіків-водіїв та фахівців з відновлення військової інженерної техніки у навчальних центрах з підготовки спеціалістів інженерної служби Збройних Сил України, у вищих військових навчальних закладах МО України.

Тренажерний комплекс та його складові частини дозволяють відпрацьовувати такі учбові задачі [6-7]:

формування навичок користування органами керування МІО;

формування навичок поведінки водія в екстремальних дорожньо-транспортних ситуаціях та в різноманітних умовах навколишнього середовища;

вивчення правил дорожнього руху; вивчення будови МІО; контроль отриманих знань.

Процес керування поєднує водія, механічний транспортний засіб, дорогу і середовище

руху в одне ціле, в певну систему, за якої всі складові тісно взаємопов'язані, взаємозалежні і визначають надійність одне одного. Система "водій - машина інженерного озброєння - дорога - середовище" постає як динамічна інформація зі зворотнім зв'язком. Безпека руху залежить від надійності її елементів і характеру їх взаємодії в системі. Проблеми ефективного руху машин інженерного озброєння розглядаються як наслідок недостатньої надійної функціонування системи "водій - машина інженерного озброєння - дорога - середовище". Головним елементом системи є водій. Він отримує і сприймає інформацію про дорожню обстановку, інтенсивність, режими та середовище руху і показники приладів. Водій, переробляючи динамічну інформацію, яка надходить, приймає відповідне рішення. Він у відповідності до даної конкретної дорожньої обстановки діями на органи керування машини, оптимізується режим руху. Водій здійснює й постійний контроль за результатами керуючих їм дій. Значний обсяг інформації оперативність її, наприклад, при інтенсивному русі, нерідко залишають можливості своєчасного її сприймання й опрацювання, а відповідно - правильного вибору рішення. Таким чином, система "водій - машина інженерного озброєння - дорога - середовище" - це система керування, за якою положення машини відносно дороги є заданою змінною, водій - регулятор, а машина - регулюючим об'єктом.

Водій як оператор системи "водій - машина інженерного озброєння - дорога - середовище" більшу частину інформації отримує від дороги (рухомих і нерухомих об'єктів на автошляху, дорожніх знаків, світлофорів, стану дорожнього полотна і т.і.), середовища руху, а також від приладів і органів керування, що розміщено у кабіні машини. Для з'ясування умов безпечного руху машин і причин дорожньо-транспортних умов, потрібно виявити та вивчити чинники, що діють на систему "водій - машина інженерного озброєння - дорога - середовище".

Підготовленість водія визначається рівнем його професійних знань і навичок, що набуваються в процесі навчання і подальшій службовій діяльності. Фахова підготовка водія окреслюється у наявності широкого діапазону навиків, що забезпечують правильні і своєчасні дії в критичних дорожніх ситуаціях. Вона дозволяє максимально використати технічні можливості машини і безпомилково, з мінімальною затратою сил, керувати нею, вірно оцінити і оперативно передбачиш можливі зміни дорожньої обстановки і попередити виникнення аварійних ситуацій; керувати машиною на середніх швидкостях уночі в тумані, при високій інтенсивності руху, в гірських і інших складних умовах.

Висока працездатність має велике значення для забезпечення надійності водія. Вона знижується при його хворобливому стан, після вживання їм алкоголю або наркотичних речовині в результаті сильного психічного нервового збудження або пригніченого стану. Основною причиною зниження працездатності є перевтома. Втома здійснює вирішальний вплив на здатність водія оптимально і швидко орієнтуватись у певній обстановці [8]. У результаті перевтоми водія погіршується робота органів його відчуття: погіршується зорове сприйняття, м'язово-рухова активність, змінюється координація рухів. Більше того, у нього з'являються зайві рухові дії, знижується інтенсивність уваги, збільшується час сенсорних реакцій, порушується мислення, зникає рішучість, відбувається втрата раніше сформованих навичок, втрачається фактор автоматизму.

Надійність водія полягає у вправності рухових дій, які він виконує у відповідь на різні ситуації. Ефективність рухових дій на відповідні подразники залежать від швидкості їх формування, оцінюючого часу реакції [9-10].

Час реакції людини складається з двох періодів: латентного (скритого), що вимірюється часом від моменту появи подразника до початку руху; і моторного (вимірюється часом руху). Оптимальна тривалість латентного періоду простої реакції на світло складає 0,2с, а на звук - 0,14с. Час латентного періоду складної реакції коливається від 0.5 до 1.5 с і більше (у середньому становить 0.8 - 0.9с). Латентний період залежить від індивідуальних психофізіологічних особливостей водія, його стану і досвіду, а також від характеру дорожньо-транспортної ситуації. Час моторного періоду залежить від складності операції рухової дії, віку водія, від ступеня несподіваності сигналу. У середині робочої зміни час реакції мінімальний, а ближче до кінця він може перевищувати це мінімальне значення більше ніж удвічі. Несподівана небезпека може значно збільшити час реакції. Час реакції залежить від швидкості МІО. При її збільшенні з 50 до 70 км/год час реакції збільшується з 1,1 до 1,7с.

При розробці вимог до тренажерного комплексу по підготовці машин інженерного озброєння необхідно провести оцінку економічної ефективності їх застосування.

Оцінка ефективності тренажерного комплексу необхідна не тільки для фіксації співвідношення здійснених витрат та отриманих даних, але і для визначення форм та методів ефективної їхньої розробки та у наступному ефективної експлуатації. Це визначає, що знання формування ефективності тренажерного комплексу необхідно не тільки економістам, які розраховують економічні показники що їх характеризують, але і конструкторам, а також фахівцям, які працюють з ними та обслуговують, з тим щоб використовувати нові підходи і рішення для подальшого підвищення ефективності застосування.

Поняття ефективності тренажерного комплексу ширше поняття його економічної ефективності, тому що у нього входять також поняття науково-технічного рівня і якості тренажера, деякі складові соціальної ефективності, які недостатньо чітко розраховуються за загальною методикою. У зв'язку з тим, що показники економічної ефективності є інтегральними оціночними показниками тренажерного комплексу, необхідно намагатися, щоб ними були відображені усі техніко-економічні показники, які складають поняття ефективності тренажерного комплексу.

Для різних рівнів тренажерного комплексу необхідно різні оптимальні витрати для досягання найбільшої ефективності. Функція E_a відображає здійснення витрат для досягнення можливого рівня підготовки.

У економічному відношенні як результат, так і витрати при відповідному їх приведенні можливо представити у розрахунковому виразі. При цьому економічна ефективність тренажерного комплексу E_e (грн/рік)/грн визначається відношенням кількісної оцінки результату, який отримується від роботи комплексу Р (грн/рік), до сумарних витратам для його створення З (грн)

$$E_a = P/З. \qquad (5)$$

Завдання отримання найбільшої економічної ефективності комплексу вирішується, частіше при визначених або обмежених значеннях витрат для створення комплексу. Якщо витрати для створення тренажерного комплексу визначаються у відповідності з науково-технічним рівнем комплексу, то показник економічної ефективності характеризує ефективність комплексу з урахуванням його рівня та якості.

У відповідності з загальновідомим підходом до визначення економічної ефективності нової техніки результати її створення характеризуються економією, яку отримують у зразка, що оцінюється з урахуванням порівняння з іншим об'єктом. У зв'язку з цим важко оцінити економічну ефективність тренажерного комплексу тому, що визначити результати у вигляді економії, яка отримується, також у вірному співвідношенні цієї економії з призведеними витратами. Крім того також важко розрахувати різні витрати по часу та необхідність врахування динамічних залежностей економічних результатів від витрат для їх досягнення.

1. Игнатов Н.А. Обучение на автомобильных тренажерах. / Н.А. Игнатов, В.А. Иларионов, М.В. Кошелев, В.М. Мишурин - М.: ДОСААФ, 1977. – 184 с.
2. Ваганов В.И. Вождение автотранспортных средств. / В.И. Ваганов, А.А. Рыбкин - М.: Транспорт, 1990. – 213 с.
3. Круглов С.М. Вождение легкового автомобиля. / С.М. Круглов - М.: Высшая школа, 1990. – 162 с.
4. Цыганков Э.С. Управление автомобилем в критической ситуации. / Э.С. Цыганков - М.: Транспорт, 1993. – 241 с.
5. Лившиц А.В. Преподавание предмета "ПДД". / А.В. Лившиц, В.В. Золотарев - М.: Высшая школа, 1985. – 92 с.
6. Осипов Л.Г. Методика обучения курсантов безопасному вождению машин. / Л.Г. Осипов, Н.Н. Чувашев - Челябинск: ЧВВАИУ, 1992. – 217 с.
7. Мишурин В.М. Надежность водителя и безопасность движения. / В.М. Мишурин, А.Н. Романов - М.: Транспорт, 1990 – 314 с.
8. Дымерский В.Я. Технические средства обучения водителей автомобилей: Учебное пособие. / В.Я. Дымерский, А.А. Костик - М.: Высшая школа, 1982 – 261 с.
9. Шукшинов В.Е.Тренажерные системы. / В.Е. Шукшинов - М.: Машиностроение, 1981. – 137 с.
10. Сай І.В. Вплив рівня професійної підготовки водіїв на економічні показники експлуатації транспорту. / І.В. Сай, О.М. Мовчан, С.А. Стукота - Автошляховик України № 1, Київ, 2001. – С. 25-28

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014

©О.С. Гембарський, А.П.Поляков

УДК 519.81:531.113

М.Г.Грубель, О.П.Красюк, М.Б.Сокіл, Р.А.Нанівський
Академія сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного

ВЕРТИКАЛЬНІ КОЛИВАННЯ ПІДРЕСОРЕНОЇ ЧАСТИНИ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПІД ДІЄЮ ВИПАДКОВИХ ЗБУРЕНЬ

Наукова стаття присвячена розгляду методик аналітичного дослідження динаміки колісних транспортних засобів спеціального призначення, на базі математичних моделей та отриманні розрахункових залежностей, які мали б практичне застосування під час проектування нових чи модернізації існуючих підвісок.

Ключові слова: *підвіска, відновлююча сила, плавність руху.*
Рис 2. Форм 12. Літ 11

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПОДРЕССОРЕННОЙ ЧАСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Научная статья посвящена рассмотрению методик аналитического исследования динамики колесных транспортных средств специального назначения на базе математических моделей и получении расчетных зависимостей, которые имели б практическое применение во время проектирования новых или модернизации существующих подвесок

Ключевые слова*:* *подвеска, восстановительная сила, плавность движения.*

VERTICAL VIBRATIONS OF PIDRESORENOY PART OF THE WHEELED TRANSPORT VEHICLES ARE UNDER ACTION OF CASUAL INDIGNATIONS

The scientific article is devoted consideration of methods of analytical research of dynamics of the wheeled transport vehicles of the special setting, on the base of mathematical models and receipt of calculation dependences which would have practical application during planning of new or modernization of existent pendants..

Keywords*:* *suspension, recuperative force, smooth movement.*

Транспортні засоби спеціального призначення (ТЗСП) експлуатуються, як правило, у складних умовах. Зовнішні дії, які передаються на їх корпус через систему підвіски, носять, як правило, випадковий характер. Належну плавність ходу та захистити екіпаж чи вантажі від перевантажень може підвіска відновлююча сила котрої описується нелінійною функцією деформації пружних елементів. Ця функція для малих деформацій амортизаторів приймає мале значення, в той же час для великих – стрімко зростає. Наведене у сукупності створює значні труднощі при аналітичному дослідження динаміки та стійкості ТЗСП. Результати ж отримані на базі спрощених (лінійних чи навіть квазілінійних моделей таких систем) [1-5] справедливі тільки для малих деформацій пружних елементів, тому вони мають обмежену область застосування. Чисельний ж аналіз проведений навіть на базі адекватних процесу математичних моделей динаміки ТЗСП не дає відповіді на багато практичних питань. До них можна віднести вплив амплітуди коливань на власну частоту, умови існування резонансу за умови пересування досліджуваного об’єкту по впорядкованій системі перешкод та ін. З огляду на вказане:

- розроблення методики аналітичного дослідження динаміки колісних ТЗСП, на базі математичних моделей, які в тій чи іншій мірі ураховують основні наведені вище особливості фізичних моделей, умови їх експлуатації;

- отримання на їх базі розрахункових залежностей, які мали б практичне застосування підчас проектування нових чи модернізації існуючих підвісок є актуальною проблемою. Розв’язання деяких задач її, а саме дослідження впливу випадкових збурень на динаміку підресореної частини за умови, що відновлююча сила пружних амортизаторів описується нелінійною функцією від їх деформації, є предметом розгляду даної роботи.

Постановка задачі. У роботі досліджуються випадкові вертикальні коливання підресореної частини колісних ТЗСП за умов:

- функція, яка описує відновлюючу силу пружної підвіски $F_{пр.}$ описується залежністю [6]

© М.Г.Грубель, О.П.Красюк, М.Б.Сокіл, Р.А.Нанівський

$$F_{пр.} = c\Delta^{\nu+1} + \varepsilon f(\Delta); \quad (1)$$

- сила опору демпферних пристроїв з достатнім степенем точності апроксимується співвідношенням

$$- \quad \varepsilon R = \varepsilon R(\Delta, \dot{\Delta}) \quad (2)$$

і її найбільше значення є малим у порівнянні із максимальним значенням головної частини ($c\Delta^{\nu+1}$) відновлюючої сили;

- дії пересіченої місцевості на колеса правого та лівого бортів ТЗ однакові, носять випадковий характер і їх можна описати функцією типу "білого шуму" [7,8]

$$- \quad \sqrt{\varepsilon}\sigma g(\Delta, \dot{\Delta})\dot{\xi}(t). \quad (3)$$

Диференціальне рівняння випадкових вертикальних коливань підресореної частини за вказаних припущень набуває вигляду

$$\frac{P}{g}\ddot{z} + cz^{\nu+1} = \varepsilon F(z, \dot{z}) + \sqrt{\varepsilon}\sigma g(z + \Delta_{cm}, \dot{z})\dot{\xi}(t). \quad (4)$$

У залежностях (1) – (4) Δ, Δ_{cm} - відповідно деформація та статична деформація пружних елементів; $z(t)$- вертикальне переміщення центру ваги підресореної частини по відношенню до положення її статичної рівноваги; $f(\Delta), R(\Delta, \dot{\Delta}), g(\Delta, \dot{\Delta})$- відомі аналітичні функції, $F(z, \dot{z}) = f(z + \Delta_{cm}) + R(z + \Delta_{cm}, \dot{z})$; $\dot{\xi}(t)$- процес білого шуму; $c, \nu, \sigma, \varepsilon$ - сталі, причому, $\nu + 1 = (2n+1)/(2m+1)$, $n, m = 0,1,2,...$; ε - малий параметр. Задача полягає у визначенні впливу зовнішніх (в т.ч. випадкових збурень) та внутрішніх чинників (характеристики підвіски) на коливання підресореної частини.

Методика розв'язування. Для вирішення поставленої задачі використаємо ту особливість розглядуваної системи, що у відповідній їй математичній моделі права частина (випадкові та частина нелінійних сил) є малими, у порівняння із головною частиною відновлюючої сили. Це дозволяє для побудови розв'язку рівняння (4) використати загальні ідеї методів збурень [9]. Відповідно до них, знаходимо розв'язок незбуреного ($\varepsilon = 0$) рівняння, яке відповідає нелінійному диференціальному рівнянню (4). Вказаний розв'язок виражається [6] через періодичні Ateb-функції [10] у вигляді

$$z = a_0 ca(\nu + 1, 1, \omega(a_0)t + \theta_0). \quad (5)$$

У (5) a_0 та θ_0 сталі інтегрування, які знаходимо із початкових умов

$$z(t)_{|t=0} = p\,,\ \dot{z}(t)_{|t=0} = q\,, \quad (6)$$

Таким чином, початкові амплітуда та фаза коливань a_0 та θ_0 незбуреного руху визначаються залежностями

$$\left(\frac{p}{a_0}\right)^{\nu+2} + \left(\frac{q(\nu+2)}{2a_0\omega(a_0)}\right)^2 = 1,\ cta(\nu+1,1,\psi_0) = \frac{2p\omega(a_0)}{q(\nu+2)}.$$

Функція ж $\omega(a_0)$ має вигляд

$$\omega(a_0) = \sqrt{\frac{cg(\nu+2)}{2P}a_0^{\nu}}\,. \quad (7)$$

Якщо незбурений рух відбувається за сталих амплітуди та початкової фази (див. (5)), то збурений - у описується залежністю

$$z(t) = a(t)ca(\nu+1,1,\psi),\ \psi(t) = \omega(a)t + \theta(t), \quad (8)$$

тобто вплив збурень проявляється у зміні з часом амплітуди та фази коливань. І ці зміни, відповідно до формули Іто [8], носять випадковій характер та описуються стохастичними диференціальними рівняннями

$$\frac{da}{dt} = \varepsilon A_1(a,\psi) + \sqrt{\varepsilon}\sigma\dot{\xi}(t)C_1(a,\psi),$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \varepsilon B_1(a,\psi) + \sqrt{\varepsilon}\sigma\dot{\xi}(t)D_1(a,\psi). \qquad (9)$$

У вказаних вище стохастичних диференціальних рівняннях функції правої частини мають вигляд

$$A_1(a,\psi) = \frac{\varepsilon sa(1,\nu+1,\psi)}{\omega(a)} F(z,\dot{z})\Big|_{\substack{z=aca(\nu+1,1,\psi)\\ \dot{z}=-\frac{2}{\nu+2}a\omega(a)sa(\nu+1,1,\psi)}} + \frac{\varepsilon\sigma^2}{a^2\omega^2(a)}\left[\frac{(\nu+2)}{2}ca(\nu+1),1,\psi)g(z+\Delta_{cm},\dot{z})\Big|_{\substack{z=aca(\nu+1,1,\psi)\\ \dot{z}=-\frac{2}{\nu+2}a\omega(a)sa(\nu+1,1,\psi)}}\right]^2,$$

$$B_1(a,\psi) = -\frac{\varepsilon}{\omega(a)} ca(\nu+1,1,\psi)F(z,\dot{z})\Big|_{\substack{z=aca(\nu+1,1,\psi)\\ \dot{z}=-\frac{2}{\nu+2}a\omega(a)sa(\nu+1,1,\psi)}} - \varepsilon\sigma^2\frac{(\nu+2)ca(\nu+1),1,\psi)sa(1,\nu+1,\psi)}{2a^2\omega^2(a)}\left[g(z+\Delta_{cm},\dot{z})\Big|_{\substack{z=aca(\nu+1,1,\psi)\\ \dot{z}=-\frac{2}{\nu+2}a\omega(a)sa(\nu+1,1,\psi)}}\right]^2$$

$$C_1(a,\psi) = -\frac{\sqrt{\varepsilon}\sigma sa(1,\nu+1,\psi)}{\omega(a)} g(z,\dot{z})\Big|_{\substack{z=aca(\nu+1,1,\psi)\\ \dot{z}=-\frac{2}{\nu+2}a\omega(a)sa(\nu+1,1,\psi)}},$$

$$D_1(a,\psi) = -\frac{\nu+2}{2a\omega(a)}\sqrt{\varepsilon}\sigma ca(\nu+1,1,\psi)g(z,\dot{z})\Big|_{\substack{z=aca(\nu+1,1,\psi)\\ \dot{z}=-a\omega(a)sa(\nu+1,1,\psi)}}.$$

Диференціальні залежності (9) показують, що параметри a та θ є повільно змінними функціями часу. Одночасно розв'язком цієї системи буде двовимірним марківським процесом відносно вказаних параметрів. Густина розподілу амплітуди та фази коливань $W(a,\theta,t)$ в ньому визначається відповідно до рівняння Колмогорова- Фоккера-Планка

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial a}\left(A_1(a,\psi)W\right) - \frac{\partial}{\partial\theta}\left(B_1(a,\psi)W\right) + \frac{1}{2}\left[\frac{\partial^2}{\partial a^2}\left(D_{1a}(a,\psi)W\right) + 2\frac{\partial^2}{\partial a\partial\theta}\left(D_{1a\theta}(a,\psi)W\right) + 2\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\left(D_{1\theta}(a,\psi)W\right)\right], \qquad (10)$$

де $A_1(a,\psi), B_1(a,\psi)$- коефіцієнти зносу $D_{1a}(a,\psi,), D_{1\theta}(a,\psi)$ - коефіцієнти дифузії амплітуди та фази коливань, $D_{1a\theta}(a,\psi)$- змішаний коефіцієнт амплітуди і фази, тобто

$$D_{1a}(a,\psi) = (C_1(a,\psi))^2,\ D_{1\theta}(a,\psi) = (D_1(a,\psi))^2,\ D_{1a\theta} = C_1(a,\psi)D_1(a,\psi).$$

Густина сумісного розподілу амплітуди і фази випадкових коливань повинна задовольняти умовам, які наведені, наприклад, у [8]. Для наближеного дослідження рівняння (10) можна використати принцип усереднення [11]. Підставою для його використання є той факт, що основні характеристики коливань за період змінюються на величину, яка пропорційна ε. Усереднені значення цих коефіцієнтів набувають вигляду

$$\overline{A}_1(a) = \frac{1}{2\Pi}\int_0^{2\Pi} A_1(a,\psi)d\psi, \quad \overline{B}_1(a) = \frac{1}{2\Pi}\int_0^{2\Pi} B_1(a,\psi)d\psi, \quad \overline{D}_{1a}(a) = \frac{1}{2\Pi}\int_0^{2\Pi} D_{1a}(a,\psi)d\psi,$$

$$\overline{D}_{1\theta}(a) = \frac{1}{2\Pi}\int_0^{2\Pi} D_{1\theta}(a,\psi)d\psi,\ \overline{D}_{1a\theta}(a) = \frac{1}{2\Pi}\int_0^{2\Pi} D_{1a\theta}(a,\psi)d\psi,\ \Pi = \sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{1}{\nu+1}\right)\Gamma^{-1}\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{\nu+1}\right).$$

Для випадку стаціонарних коливань ($\frac{\partial W}{\partial t} = 0$) підресореної частини колісних ТЗСП густина розподілу амплітуди і фази коливань визначають більш простою залежністю, а саме

$$-\frac{\partial}{\partial a}\left(\overline{A}_1(a)\overline{W}(a)\right) - \overline{B}_1(a)\frac{\partial}{\partial\theta}(\ ) + \frac{1}{2}\left[\frac{\partial^2}{\partial a^2}\left(\overline{D}_{1a}(a)\overline{W}(a)\right) + 2\frac{\partial^2}{\partial a\partial\theta}\left(\overline{D}_{1a\theta}(a)\overline{W}(a)\right) + \frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\left(\overline{D}_{1\theta}(a)\overline{W}(a)\right)\right] = 0. \qquad (11)$$

© М.Г.Грубель, О.П.Красюк, М.Б.Сокіл, Р.А.Нанівський

Зокрема, у випадку, коли $g(z+\Delta_{cm},\dot{z})=\dot{z}$ $F(z,\dot{z})=\alpha\dot{z}(1+\lambda z^2)$ стохастичні диференціальні рівняння, які визначають базові закони зміни визначальних параметрів коливань набувають вигляду

$$\overline{A}_1(a)=\varepsilon a(\alpha_1 a^2+\alpha_2),\overline{B}_1(a)=0,\overline{D}_{1a}(a)=\varepsilon\alpha_3 a^2,\overline{D}_{1a\theta}(a)=0,\overline{D}_{1\theta}(a)=\varepsilon\alpha_4,$$

де

$$\alpha_1=\frac{\lambda\sqrt{\pi}}{2\Pi}\Gamma^{-1}\left(\frac{3}{2}+\frac{1}{\nu+2}\right)\Gamma\left(\frac{3}{\nu+2}\right),\alpha_2=\frac{\sqrt{\pi}}{2\Pi}\Gamma^{-1}\left(\frac{3}{2}+\frac{1}{\nu+2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{\nu+2}\right)+\frac{\sigma^2 a\sqrt{\pi}}{2\Pi}\Gamma^{-1}\left(\frac{1}{2}+\frac{3}{\nu+2}\right),$$

$$\alpha_3=\frac{\sigma^2\sqrt{\pi}}{2\Pi}\Gamma\left(\frac{3}{\nu+2}\right)\Gamma^{-1}\left(\frac{3}{2}+\frac{3}{\nu+2}\right),\alpha_4=-\frac{\sigma^2\sqrt{\pi}}{2\Pi}\Gamma\left(\frac{3}{\nu+2}\right)\Gamma^{-1}\left(\frac{3}{2}+\frac{3}{\nu+2}\right).$$

В такому разі стаціонарна густина розподілу амплітуди визначається диференціальним рівнянням

$$\frac{d}{da}\left(\alpha_1 a^3+\alpha_2 a)\overline{W}(a)\right)+\frac{\alpha_3}{2}\frac{d^2}{da^2}\left(a^2\overline{W}(a)\right)=0.$$

Його загальний інтеграл має вигляд

$$\overline{W}(a)=Ca^{\frac{\alpha_2}{\alpha_3}+1}\exp\left(\frac{\alpha_1}{\alpha_3}a^2\right) \tag{12}$$

Нижче, на рис 1 та рис. 2, представлено для випадку $\lambda=-1$ залежність стаціонарної густини розподілу амплітуди за різних значень параметрів σ та ν

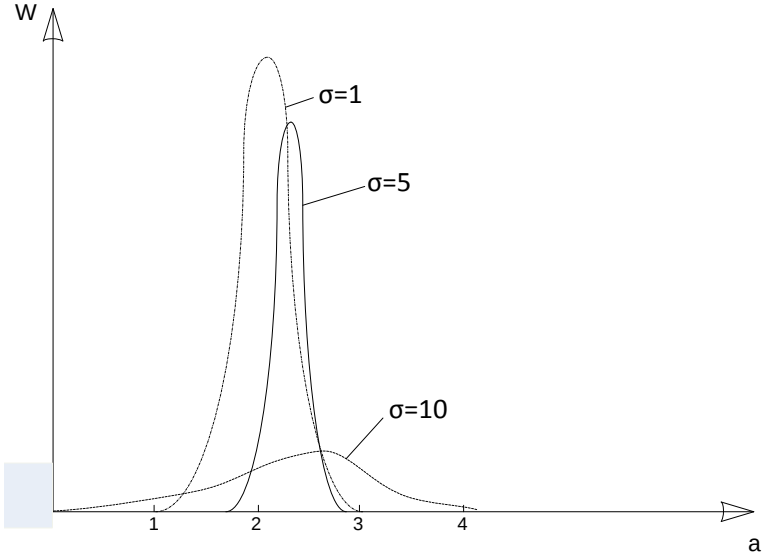


Рис.1. **Залежність стаціонарної густини розподілу амплітуди при** $\nu=2/3$

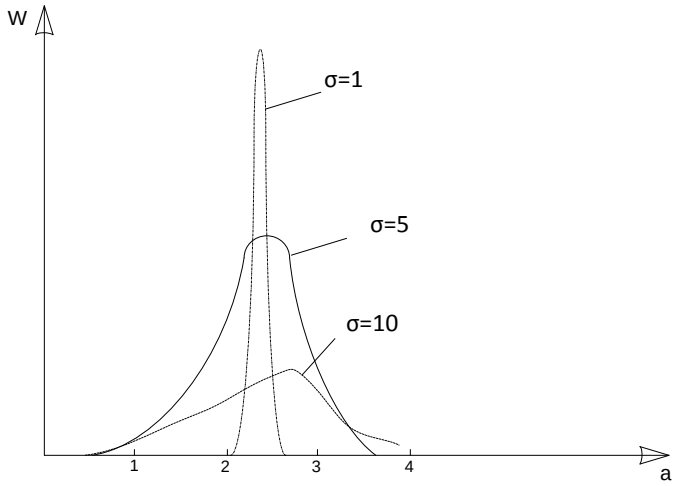


Рис.2. **Залежність стаціонарної густини розподілу амплітуди при** $\nu = 2$

Представлены залежності показують:

- при зменшенні інтенсивності шуму густина ймовірностей крнцентрується біля стаціонарного значення;
- при фіксованому ν із зростанням σ зростає значення амплітуди при якій густина розподілу амплітуди приймає максимальне значення;
- у порівнянні із густиною розподілу стаціонарної амплітуди квазілінійного випадку $\nu = 0$ максимальне значення для підвіски із сильно нелінйною характеристикою досягається за меншого значення стаціонарної амплітуди.

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. Раймпель Й. Шаси автомобиля: Элементы подвески / пер.с нем. Карнухина А.Л., под ред. Г.Г.Гридасова. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
3. Динамика автомобиля / М.А. Подпигало, В.П. Волков, А.А. Бобошко, В.А. Павленко, В.Л. Файст, Д.М. Клец, В.В. Редько / под ред. М.А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 424 с.
4. 4.Пісарєв В.П. Можливості по компоновці нових пружних елементів підвіски, з прогресивною характеристикою, в межах існуючого конструктивного рішення БТР-60 / В.П. Пісарєв, А.П. Горбунов. // Механіка та машинобудування. – 2009. – № 2 – С. 51-56.
5. Пісарєв В.П. Сучасна методологія прикладного оптимального проектування ходових частин транспортних засобів / В.П. Пісарєв, А.П. Горбунов // Зб. наук. пр. Акад. ВВ МВС України. – Вип. 2. – Х., – 2008. – С. 19-24.
6. Сокіл Б.І. Власні вертикальні коливання корпусу автомобіля з урахуванням нелінійних характеристик пружної підвіски / Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Г. Грубель // Науково-виробничий журнал “Автомобільний транспорт”. – 2013. – № 5 (235). – С. 15-18.
7. Хасьминский Р.З.О диффузионных процессах с малым параметром// ИАН СССР. Сер. Матем. -1963.- 27, №6.- С.12.81-1300.
8. Митропольский Ю. А. Асимптотические решения уравнений в частных производных / Ю. А. Митропольский., Б. И. Мосеенков. – К. : Вища школа, 1976. – 589 с.
9. Коул Дж. Методы возмущений в прикладной математике / Джулиан Коул ; [пер. с англ. А. И. Державиной и В. Н. Диесперова, под ред. О. С. Рыжова]. // – М. : Мир. – 1972. – 276 с.
10. Сеник П. М. Обернення неповної Beta-функції / П.М. Сеник // Укр. мат. журн. – К., 1969. – 21, № 3. – С. 325-333.
11. Митропольский Ю. А. Метод усреднения в нелинейной механике / Ю. А. Митропольский. – К.: Наукова думка, 1971. – 440 с

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014.

© М.Г.Грубель, О.П.Красюк, М.Б.Сокіл, Р.А.Нанівський

УДК 629.113.011.004

Г.С.Гудз, М.М.Борис, І.Я.Захара
Національний університет "Львівська політехніка"
Національний лісотехнічний університет України
Новороздільський політехнічний коледж

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДЕФЕКТІВ КУЗОВА СПЕЦІАЛЬНИХ АВТОБУСІВ

У статті технологію дефектування кузова спеціальних автобусів подано як процес масового обслуговування, особливістю якого є випадковий характер контролю. Наведено принципи систематизації дефектів кузова спеціальних автобусів на підставі статистичних даних підприємств.

Ключові слова: *кузов, вахтовий автобус, дефектування, статистичний аналіз, контроль-сортування кузовів.*

Рис.1. Табл 3. Літ 5.

В статье технологию дефектирования кузова специальных автобусов представлено как процесс массового обслуживания, особенностью которого является случайный характер контроля. Приведены принципы систематизации дефектов кузова специальных автобусов на основании статистических данных предприятий.

The defecting technology of special buses body was presented as a process of queuing which feature is the random nature of time between the arrival of the body, the body stays at the station, monitoring and etc. was presented in this paper. It was analyzed the location of possible defects in the body of the bus. It was determined the body staying length on the control sorting district, which depends of its earnings rate. The principle of body systematization defects of the special buses on the basis of statistical data of repair facilities were derected.

Постановка проблеми. Автомобільним транспортом здійснюється понад 80% перевезень (вантажних і пасажирських) від загального їх обсягу в Україні. Зокрема, автомобільний транспорт здійснює й специфічні види перевезень пасажирів, якими є службові та вахтові перевезення. Ці перевезення, зазвичай, здійснюються відомчими, приватними або службовими транспортними засобами для перевезення робітників та службовців підприємств (ремонтні, будівельні, геолого-розвідувальні, лісозаготівельні та інші вахтові бригади) до місця їхньої роботи. Місцем роботи може бути місце аварії, будівельний майданчик, нафтові і газові родовища, лісосіки, які віддалені від населених пунктів.

Вахтові автобуси випускаються промисловістю на базі шасі повноприводних автомобілів ГАЗ, ЗиЛ, КамАЗ і Урал. Ці автобуси мають опалюваний пасажирський салон (кузов), у якому розміщується від 10 до 30 пасажирів. Такі кузови мають вікна, основні та аварійні виходи, а також вентиляційний люк в даху салону.

Систематичне збільшення кількості спеціальних автобусів для перевезення вахтових бригад вимагає в процесі експлуатації відповідної організації їх технічного обслуговування та ремонту, зокрема кузова, який є найдорожчою складовою частиною автобуса. Тому збереженню кузова в належному технічному стані для забезпечення своєчасного капітального ремонту надають виняткового значення.

Ремонт кузова складає 50-70% від загального обсягу робіт з капітального ремонту автобуса, за якого економія тільки листового металу, порівняно з виготовленням нового кузова, становить 76-78% [1]. В цьому випадку якість відремонтованих кузовів не повинна поступатися за своєю міцністю й довговічністю новому кузову. На якість їх ремонту значною мірою впливає своєчасне виявлення дефектів, їх систематизація та раціональна організація контрольно-сортувальних робіт. Це й визначає актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження ремонтоздатності кузовів проводилися досить давно через тимчасову перерву в масовому випуску вітчизняних автобусів [2-4]. На сьогодні ситуація налагоджується, що й викликає потребу повернутися до відповідних досліджень.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. В останній фундаментальній роботі [5] йдеться про ремонт кузовів легкових автомобілів з позиції забезпечення пасивної безпеки, але не розглянуто питання контролю-сортування кузовів.

Метою дослідження є встановлення дефектів кузова спеціальних автобусів та їх систематизація на засадах статистичного аналізу.

Основні результати дослідження. Дефектування деталей – є специфічною складовою технологічного процесу капітального ремонту автомобілів, яка відсутня під час їх виготовлен-

©Г.С.Гудз, М.М.Борис, І.Я.Захара

ня. Дефектувальні роботи передбачають виконання трьох груп операцій: контроль деталей та вузлів розібраних автомобілів з метою виявлення їх якісного стану – дефектування; сортування деталей або вузлів на "придатні без ремонту", "ті, що підлягають ремонту" та "непридатні". Нагромадження інформації про результати контролю та сортування необхідне для оперативного керування виробництвом, розрахунком коефіцієнтів заміни та ремонту.

Таким чином, виробничий процес можна подати як процес масового обслуговування. Загальною особливістю усіх задач, пов'язаних з масовим обслуговуванням, є випадковий характер досліджуваних явищ, які показують, що процес контролю-сортування може бути поданий як функціонування системи масового обслуговування. Основними елементами цієї системи є: контрольований параметр; група контрольованих параметрів (деталь); дисципліна черги; контролер-дефектувальник; механізм контролю-сортування; вхідний потік контрольованих параметрів; структура вхідного потоку; потік вимірювань.

Формулювання логічної моделі задачі масового обслуговування полягає в конкретному визначенні основних елементів.

У процесі дефектування кожен контрольований параметр є заявкою на обслуговування. Згідно з технічними умовами на капітальний ремонт кожна деталь має певну кількість контрольованих параметрів. На рис. 1 показано місця розташування можливих дефектів кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208 та наведено технічні умови на його контроль-сортування. Контрольовані параметри, з погляду контролепридатності, вважаються однорідними. З огляду на це, проведена систематизація дефектів кузовів (табл. 1 та 2) на підставі даних, отриманих у ВАТ "Укравтобуспром" (м. Львів) під час аналізу роботи низки ремонтних заводів.

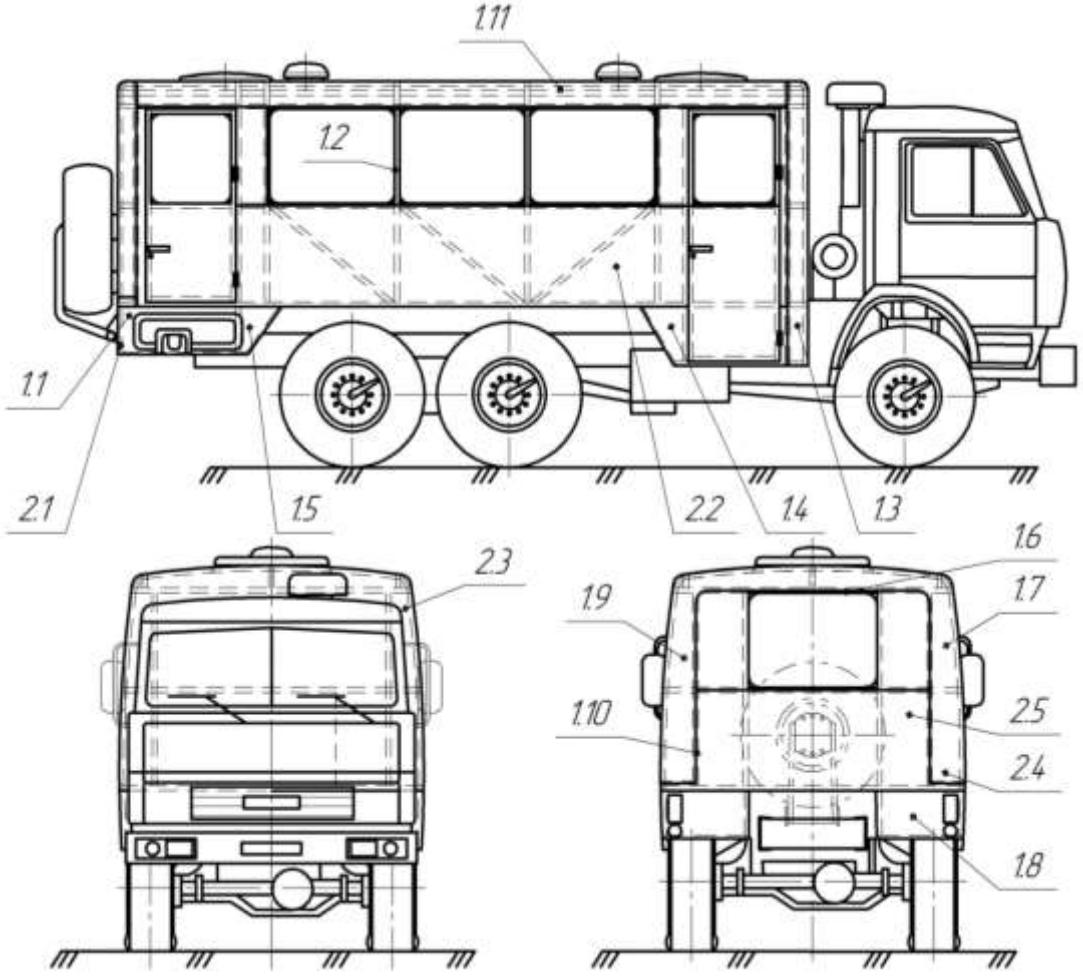


Рис. 1. **Місця розташування дефектів кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208**

Кузови із групою контрольованих параметрів, що надходять із розбиральної дільниці, мають певну кількість місць для очікування своєї черги на дефектування. У цьому разі кількість кузовів, що накопичилися, є обмеженою. Кузови вибираються для контролю-сортування за порядком їх надходження. Вибір будь-якого параметра кузова для контролю є рівноймовірним.

Організація виробничого процесу на ремонтному підприємстві є такою, що кузов може знаходитися на дільниці контролю-сортування певний час. Система не допускає великого накопичення кузовів, що підлягають дефектуванню. Обсяг і ефективність контрольно-сортувальних робіт залежить від часу перебування деталі на дільниці контролю-сортування (табл. 3).

Час перебування кузова на дільниці контролю-сортування залежить від темпу їх надходження (особливо, за умови застосування конвеєрів), кількості місць для накопичення кузовів, потреби інших цехів у кузовах тощо, які вимагають подальших досліджень для визначення закону розподілу ремонтного фонду за часом контролю на засадах ймовірнісно-статистичного аналізу

Таблиця 1

Дефекти кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208 і способи їх усунення

Позиція за рис.3	Можливі дефекти	Способи усунення
	1. Суцільна корозія:	
1.1	- правої панелі задньої частини	заміна
1.2	- панелей стійок боковин, задньої частини, передньої частини	
1.3	- нижньої передньої панелі боковини	
1.4	- нижньої передньої середньої панелі боковини	
1.5	- нижньої задньої середньої панелі боковини	
1.6	- заднього надвіконного бруса	
1.7	- правої кутової панелі задньої частини	
1.8	- нижньої панелі задньої частини	
1.9	- лівої кутової панелі задньої частини	
1.10	- каркасу задка	
1.11.	- панелей даху	
	2. Наскрізна корозія. Вм’ятини, що не усуваються виправленням	
2.1	- нижньої частини правої задньої панелі боковини	ремонт шляхом заміни ремонтної деталі
2.2	- панелей боковин	
2.3	- передньої панелі	
2.4	- нижньої частини задніх кутових панелей	
2.5	- задньої панелі	
	3. Тріщини на сталевих панелях	заварювання
	4. Порушення зварних з’єднань	
	5. Вм’ятини глибиною до 6 мм у місцях, важкодоступних для виправлення	усунення газополум’яним напилюванням
	6. Погнутість або вм’ятини	правлення

Таблиця 2

Типові дефекти кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208

Номер дефекту	Найменування дефекту	Номер дефекту	Найменування дефекту
1	Корозія ферм	6	Пролами панелей підлоги
2	Корозія лонжеронів	7	Пролами сходів
3	Корозія посадкових майданчиків	8	Корозія панелей передньої частини
4	Провисання бортів	9	Корозія панелей даху
5	Провисання задка	10	Корозія й пролами бокових панелей

Таблиця 3

Зведена відомість проведення спостережень за дефектуванням
кузова вахтових автобусів НЕФАЗ-4208

Порядковий № кузова	Моменти надходжень кузовів, хв	Моменти відходу кузовів, хв	Тривалість, хв				Кількість контрольованих параметрів	Наявність дефектів (за табл. 2)
			між надходженням кузовів	перебування кузова на дільниці	контролю кузова	контролю одного параметра		
1	7,30	13,04	–	334	284	28,40	10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
2	12,52	17,48	322	296	274	30,44	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
3	17,56	22,30	304	274	270	30,00	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
4	–	–	324	298	244	27,11	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
5	–	–	310	284	271	30,11	9	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
6	–	–	318	289	247	27,44	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10
7	–	–	375	360	262	29,11	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10
8	–	–	275	248	247	30,835	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9
9	–	–	279	251	236	29,50	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10
10	–	–	370	345	278	27,80	10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
…	…	…	…	…	…	…	…	…
66	–	–	271	240	239	29,875	8	1, 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9
67	–	–	281	242	220	31,43	7	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9
68	–	–	275	243	209	29,86	7	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10
69	–	–	282	241	188	26,86	7	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10

Висновок. Проведено систематизацію дефектів кузовів спеціального автобуса на засадах статистичного аналізу.

Перспективи подальших розвідок. Систематизація дефектів кузова спеціальнихо автобусів скерована для подальшого дослідження закону розподілу ремонтного фонду за часом його контролю. Це сприятиме підвищенню ефективності роботи дефектувальних дільниць**.**

1. Кац А.М. Автомобильные кузова / А.М. Кац. – М., Транспорт, 1980.– 272 с.
2. Малышев Г.А. Ремонт автобусных кузовов / Г.А. Малышев, Л. С. Брейтерман. – М., Автотрансиздат, 1983. – 235 с.
3. Малышев Г.А. Теория авторемонтного производства / Г.А. Малышев. – М., Транспорт, 1977. – 224 с.
4. Дехтеринский Л.В. Статистические методы оценки состояния ремфонда / Л.В. Дехтеринский, В.П. Крюков. – М., ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1989. – 107 с.
5. Фалалеєв А.П. Наукові основи відновлення властивостей пасивної безпеки під час ремонту кузовів легкових автомобілів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.22.20 “Експлуатація та ремонт засобів транспорту” / А.П. Фалалеєв. – К., 2013. – 36 с.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014

УДК 656.13

Н.У.Гюлєв, В.К.Доля, А.В.Жукова, Г.Бабаєв
Харківський національний університет міського господарства імені А.Н. Бекетова

ДО ПИТАННЯ ПРО ЗАЛЕЖНІСТЬ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ВІД ЕМОЦІЙНОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ВОДІЯ

Проаналізовано фактори, що впливають на емоційну напруженість водія. Відзначено, що транспортний затор є одним з основних джерел підвищення емоційної напруженості водія.

Представлені результати деяких досліджень впливу емоційної напруженості водія на безпеку дорожнього руху.

Також графічно показано вплив тривалості транспортного затору на час реакції водіїв різних темпераментів.

Ключові слова: *транспортний затор, функціональний стан, час реакції, дорожньо-транспортна ситуація, безпеку руху.*

Рис 3. Літ18.

Н.У.Гюлев, В.К.Доля, А.В.Жукова, Г.Бабаев

К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ОТ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ВОДИТЕЛЯ

Проанализированы факторы, влияющие на эмоциональную напряженность водителя. Отмечено, что транспортное пробка является одним из основных источников повышения эмоциональной напряженности водителя.

Представлены результаты некоторых исследований влияния эмоциональной напряженности водителя на безопасность дорожного движения.

Также графически показано влияние продолжительности транспортного затора на время реакции водителей разных темпераментов.

N.Gyulev, V.Dolya, A.Zhukova, G.Babaev

DEPENDING OF THE PROBLEM OF ROAD SAFETY FROM EMOTIONAL STATE OF DRIVER

Safe operation of the transport system of the city depends on the technology of traffic management. The basic component of this system is the driver, the strategy of behavior which affects the safety of this system.

One of the main factors negatively affecting the state of the driver is the congestion that occurs due to excess traffic on road capacity. Increased psychological and emotional tension and worsening functional state objectively lead to an increase in the reaction time of drivers.

However, drivers react differently to stay in the traffic congestion. Therefore, attempts to predict the behavior of the driver and his reaction time based on average values lead to incorrect results. In this article conducted studies to assess the impact of traffic congestion on the functional state of drivers under different conditions of their journey taking into account the amount of time for the trip.

Also some results of studies assessing the change drivers reaction time in traffic congestion based on temperament drivers. At the same time pointed out that not all members of temperaments worsening functional status and reaction time increases. Based on previous studies, indicated that the driver - phlegmatic , there is some improvement in functional status and therefore further studies with representatives of this group are not advisable . The congestion reaction time of the driver-choleric is increased more than that of the other temperaments. Least weakly responsive to conditions in the mash driver-melancholic.

Therefore, to improve road safety in developing its technology must be considered received laws.

1. Постановка проблеми

Безпека дорожнього руху залежить від безлічі чинників. Одним з найважливіших з них є функціональний стан водія транспортного засобу. Більше 70% дорожньо-транспортних пригод (ДТП) здійснюються з вини водія. Тому роль людського чинника в системі людина-техніка-середовище є найбільш значимим.

Водій, будучи основною ланкою системи «водій-автомобіль-дорожня середа», виробляє стратегію своєї поведінки при управлінні автомобілем і постійно його коригує залежно від складності дорожньо-транспортної ситуації . При цьому на нього впливає безліч факторів, більшість яких негативно впливають на його психофізіологію [1-5].

©Н.У.Гюлєв, В.К.Доля, А.В.Жукова, Г.Бабаєв

Значущі фактори, що впливають на функціональний стан водія під час руху, представлені в роботі [6]. Вони були отримані шляхом анкетного опитування водіїв та експертних оцінок. Найбільш значущим чинником, що негативно впливає на функціональний стан водія, виявився транспортний затор.

Технологія організації дорожнього руху в містах повинна передбачити проїзд транспортних засобів без затримок. Однак на практиці в багатьох містах спостерігається утворення численних черг транспортних засобів і поява транспортних заторів. Їх утворення пов'язане з перевищенням інтенсивності руху транспортного потоку над пропускною здатністю окремих ділянок вулично- дорожньої мережі. Відставання розвитку транспортної інфраструктури міста, висока щільність транспортних потоків, особливо в ранкові та вечірні періоди «пік» також сприяють виникненню транспортних заторів.

Перебування у транспортному заторі чинить негативний вплив на психофізіологію водія. При цьому погіршується його функціональний стан [2]. Зростання емоційної напруженості призводить до тимчасового розладу деяких психічних функцій водія, зростанню його часу реакції [1,7]. У результаті знижується безпеку дорожнього руху.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням формування транспортних потоків, психофізіологічних особливостей водіїв та організації дорожнього руху присвячено багато робіт. У роботах [3,5,8-11] розглянуті закономірності формування транспортних потоків і організації дорожнього руху. Однак питання, пов'язані з впливом емоційної напруженості водія на безпеку дорожнього руху, розглянуті не в повному обсязі.

В роботі [12] наведені результати досліджень зміни функціонального стану водіїв на ділянках дорожньої мережі та на зупиночних пунктах маршрутного транспорту. Автори робіт [13,14] приділили особливу увагу питанням безпеки руху. Однак проблема впливу транспортного затору на функціональний стан водія і зміни його часу реакції досліджені не в повному обсязі.

3. Мета дослідження

Метою дослідження є вивчення впливу емоційної напруженості водія під час простою автомобіля в транспортному заторі в період «пік» на безпеку дорожнього руху. Для досягнення мети необхідно експериментальним шляхом вивчити зміна функціонального стану водія у період перебування в транспортному заторі.

4. Основний матеріал

Зміна функціонального стану і викликане ним емоційна напруженість водія впливає на ступінь його стомлюваності і на рівень працездатності [12 ,15]. Погіршення функціонального стану водія призводить до порушення його психофізіологічних властивостей. Внаслідок цього, водієм може бути неправильно оцінена дорожня обстановка і його дії можуть призвести до дорожньо - транспортної пригоди. Водії немаршрутних транспорту, які складають до 90 % транспортного потоку, відчувають дефіцит часу на поїздку внаслідок затримок у транспортних заторах і пробках, особливо в ранковий період «пік» [16].

Оцінка функціонального стану водія проводиться за методом Р. М. Баевского [17]. Суть його полягає у вимірюванні ЕКГ і визначення показника активності регуляторних систем (ПАРС). ПАРС (П) є інтегральним показником оцінки функціонального стану. Методика його розрахунку досить складна. Розрахунки проводяться за допомогою спеціальної програми на ЕОМ. При цьому вихідними даними для визначення П є відстані R-R кардіоінтервалів. П визначається виходячи з п'яти функціональних систем: сумарного ефекту регуляції, функції автоматизму, вегетативного гомеостазу, стійкості регуляції та активності підкіркових нервових центрів. Залежно від величини П (у балах) визначається, в якому стані знаходиться людина: до 3 балів - нормальний стан, з 3 до 6 балів - стан напруги , з 6 до 8 балів - стан перенапруження. Вимірювання ЕКГ проводиться за допомогою портативного приладу «Кардіосенс».

Деякі результати експериментальних досліджень для трьох водіїв в ранковий період « пік» наведено на рис. 1 і 2.

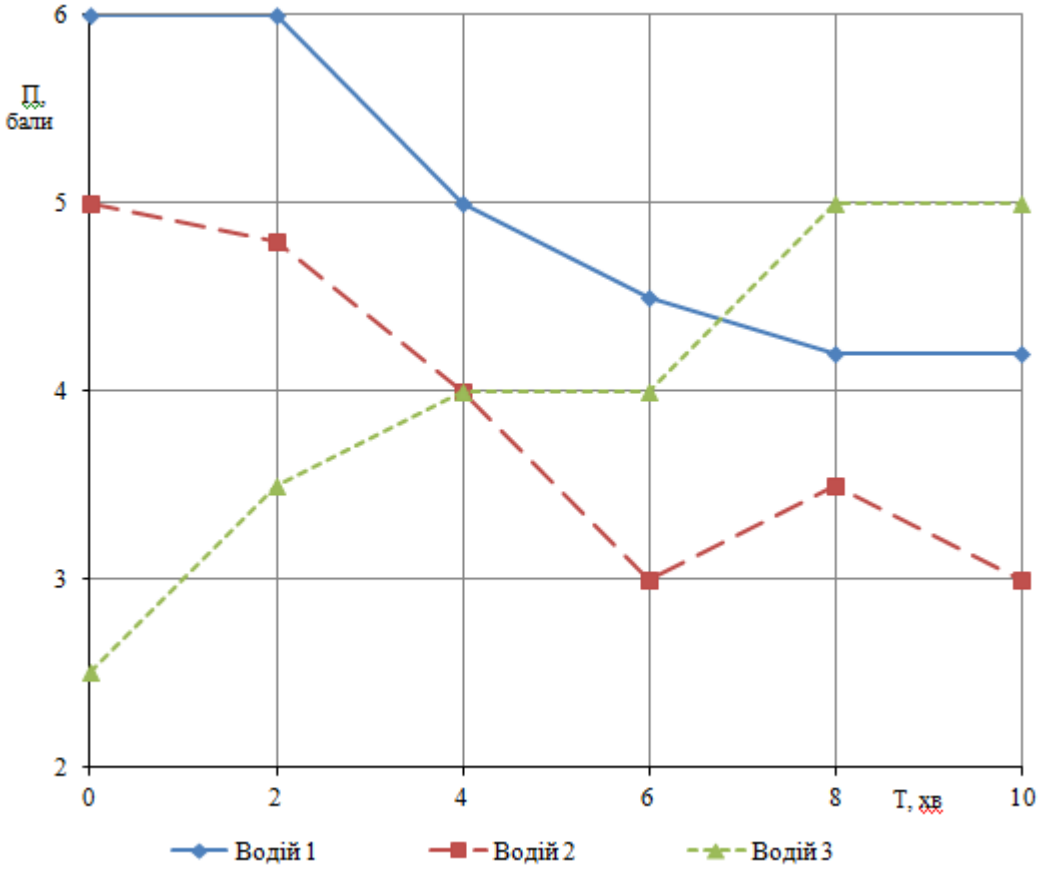


Рис. 1 .**Зміна функціонального стану водіїв в транспортному заторі в разі відсутності обмеження часу на поїздку**

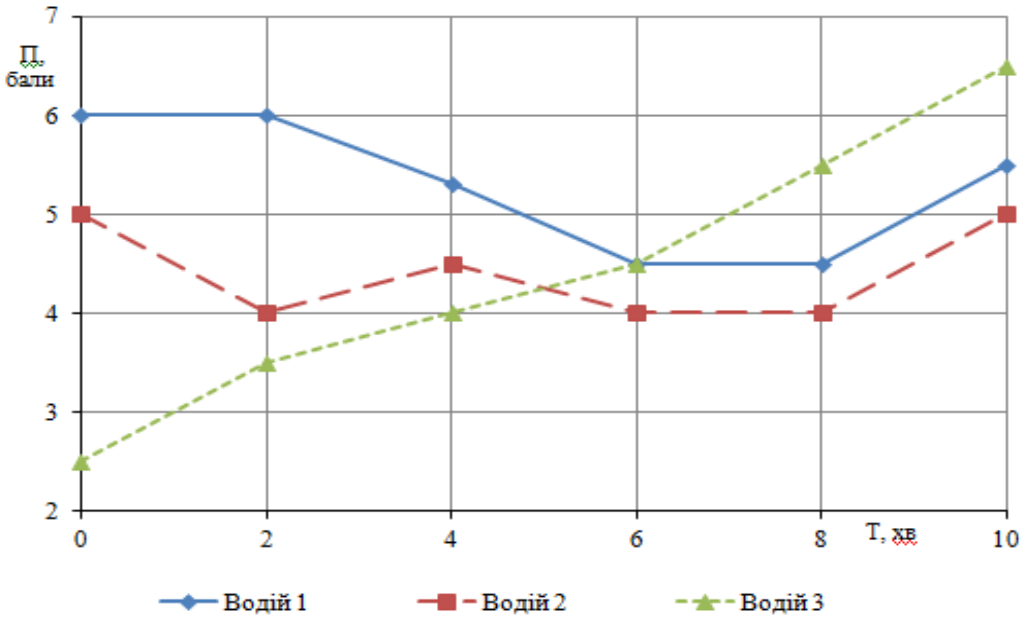


Рис. 2 . **Зміна функціонального стану водіїв в транспортному заторі в разі обмеження часу на поїздку**

З рис.1 видно, що функціональний стан 1 і 2 водія в транспортному заторі при відсутності обмеження часу на поїздку стабілізується. Це пояснюється тим, що високий рівень функціонального стану 1 і 2 водія на початку транспортного затору сам по собі є результатом емоційної напруженості, викликаної при проїзді попередньої ділянки дороги. Подальше перебування в транспортному заторі в цьому випадку менш значимо за своїм негативному впливу на стан водія, ніж умови проїзду на попередній ділянці. А у третьому водія (рис.1) функціональний стан в транспортному заторі погіршується. Це пояснюється тим, що умови проїзду для нього на попередньому ділянці виявилися сприятливими, а транспортний затор виявився більш значимим і привів до підвищення емоційної напруженості.

З рис. 2 випливає, що стан водіїв у транспортному заторі при тих же початкових умовах змінюються по-іншому. Тенденція зміни функціонального стану водіїв до четвертої хвилини перебування в транспортному заторі кілька схожа з рис. 1, однак, подальший вплив затору викликає у них значне погіршення функціонального стану і зростання емоційної напруженості. Це пояснюється тим, що тривалість транспортного затору в умовах обмеження часу на поїздку виявляється одним з найбільш значущих чинників, що впливають на психоемоційну напруженість водія.

Емоційна напруженість водія впливає на зміну часу реакції водія [1,7,18]. Реакції бувають прості і складні. Проста реакція полягає в швидкому дії на заздалегідь відомий подразник. Складна реакція пов'язана з вибором правильної дії з кількох альтернативних. Розрізняють прихований (латентний) і моторний періоди будь-якої реакції. Латентний період – це час від початку появи подразника до моменту реагування на нього. Моторний період – це час виконання відповідної дії.

З точки зору роботи водія важливе значення має латентний період складної реакції. Його тривалість залежить від складності дорожньої обстановки, від досвіду водія, його стану і індивідуально-психологічних особливостей. Складна реакція вимагає значно більше часу, ніж проста. Час реакції залежить від напруги уваги водія. Раптова поява небезпеки значно збільшує час реакції. Якщо водій має часом для підготовки до виконуваного маневру , то час реакції беруть рівну 0,75 с, а при несподіваній появі перешкоди – 1,5 с [7].

На функціональний стан водія і, відповідно, на час його реакції істотний вплив роблять індивідуально - типологічні властивості і темперамент.

Для проведення досліджень з оцінки впливу транспортного затору на час реакції були відібрані водії трьох темпераментів: холерик, сангвінік і меланхолік. Раніше проведені дослідження показали, що на водія - флегматика транспортний затор не робить негативного впливу і тому він в подальших дослідженнях не брав участі.

Результати деяких досліджень з оцінки впливу транспортного затору на час реакції водія наведено на рис. 3.

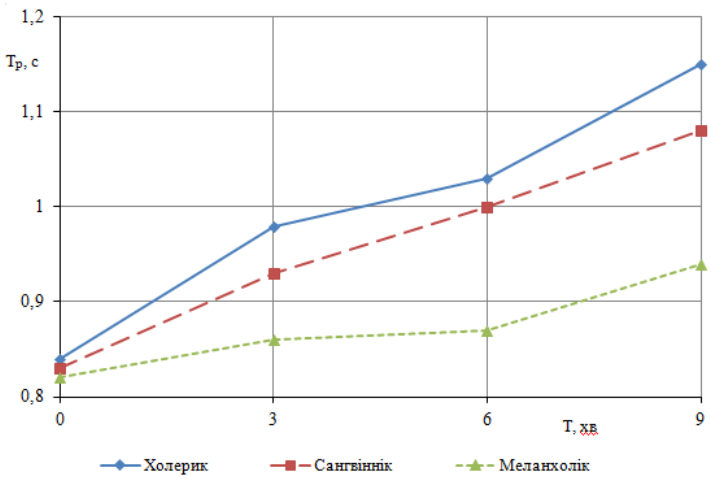


Рис. 3 .**Зміна часу реакції водіїв різних темпераментів під час перебування в транспортному заторі**

Як видно з рис. 3, знаходження в транспортному заторі призводить до найбільшого збільшення значення часу реакції у водія-холерика. Найменша зміна часу реакції у водія-меланхоліка.

Численними дослідженнями наслідків ДТП встановлено, що в 70% випадків після наїзду на пішохода, автомобіль проїжджав не більше 1 метра [7]. Звідси випливає необхідність і важливість заходів щодо скорочення часу реакції водія.

5. Висновки і перспективи подальших досліджень

Транспортні затори впливають на зміну часу реакції водія в бік збільшення, особливо в періоди «пік», внаслідок тимчасового порушення психофізіологічних функцій водія та зростання його емоційної напруженості.

Емоційна напруженість водія є одним з основних чинників, що визначають безпеку руху. Від його рівня залежить точність оцінки водієм дорожньо-транспортної ситуації і вибір адекватного цій ситуації рішення.

Подальші дослідження можуть бути проведені з метою визначення впливу транспортного затору та емоційної напруженості водія на ймовірність прийняття правильного рішення після виходу з затору.

1. Вайсман А. И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта: автореф. дис. … д-ра мед. наук: 03.12.02 / А. И. Вайсман; – М., 1975. — 37 с.
2. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
3. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Я. В. Хомяк. – К.: Вища школа, 1986. – 271 с.
4. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте / Э. В. Гаврилов. – К.:Техника, 1976. – 152 с.
5. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн./Під заг. ред. Дмитриченка М.Ф.– кн.IV: Організація дорожнього руху/ Е.В.Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К.Доля та ін. – К.: Знання України, 2007 р. – 452 с.
6. Гюлев Н.У. Оценка значимости факторов, влияющих на функциональное состояние водителя / Н. У. Гюлев // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2011. – №10. – С. 140–144.
7. Мишурин В. М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей: учеб. пособие / В. М. Мишурин, А. Н. Романов, Н. А. Игнатов. – М.: МАДИ, 1982. – 254 с.
8. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский Б. И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
9. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
10. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков: пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 288 с.
11. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими: пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. - 423 с.
12. Давідіч Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології водія / Ю. О. Давідіч. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 292 с.
13. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
14. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения/ В. И. Коноплянко. – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.
15. Доля В.К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.22.10 / В. К.Доля; – М.: МАДИ, 1993. – 42 с.
16. Бабков В.Ф., Дорожные условия и режимы движения автомобилей / М.Б. Афанасьев, А.П. Васильев. – М.: Транспорт, 1967.– 227 с.
17. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И., Кириллов, С. З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 222 с.
18. Ковалишин В.В. Швидкісні режими руху автомобіля у гірських умовах з урахуванням психофізіологічних особливостей водія автореф. дис. … канд. тех. наук: 05.22.01 / В. В. Ковалишин; – Харків, 2013. – 25 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

©Н.У.Гюлєв, В.К.Доля, А.В.Жукова, Г.Бабаєв

43018 УДК 629.113

В.Л.Деркач
Луцький національний технічний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ ДВИГУНА ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМАХ

Досліджено різницю паливної економічності двигуна автомобіля при різних температурних станах. Побудовані порівняльні графіки характеристик роботи двигуна з використанням передпускового підігріву та без. Розраховано економічний ефект даної системи. Для досягнення необхідного теплового стану двигуна та зменшення вмісту шкідливих речовин необхідним є використання передпускового підігріву.

Ключові слова: *автомобіль, бортовий комп'ютер, холостий хід, пробіг, попередній підігрів двигуна.*

В.Л.Деркач

Исследована разница топливной экономичности двигателя автомобиля при различных температурных состояниях. Построены сравнительные графики характеристик работы двигателя с использованием предпускового подогрева и без. Рассчитан экономический эффект данной системы. Для достижения необходимого теплового состояния двигателя и уменьшения содержания вредных веществ необходимо использование предпускового подогрева.

Ключевые слова: *автомобиль, бортовой компьютер, холостой ход, пробег, предварительный подогрев двигателя.*

V.Derkach

It is Investigated the difference of fuel efficiency car engine under different temperature conditions. The comparative characteristics of the graphics engine were built using pre-heating and without. The economic effect of the system was calculated. For achievement of the desired thermal condition of the motor and the reduction of harmful substances it is necessary to use pre-heating. Controlling the most expensive states under engine working it can achieve better fuel economy and comfort during operation in automobile transport. With rising cost of fuel and lubricants this system gaining urgency every year. For additional convenience can also be electronic control. With the development of these systems it may be used pre-heated by transport organizations, which in their work dealing with transport every day. These may be organizations involved in the protection of Objects, taxi drivers. For that, parking's must be fitted with 220V outlet. In turn, these organizations will be able to save money on fuel and feel comfortable in the car. This investigation describes the using of pre-heating of the engine not only at temperature below zero and also above zero. Analysis of the research have shown that the positive effect is, but to a certain temperature. Therefore, further use and optimization of the system will help reduce the negative environmental impact, increase engine life and improve fuel economy and provide comfort for the driver.

Keywords: *car, trip computer, idling, mileage, engine pre-heating.*

Вступ. Використання автомобіля протягом року передбачає його експлуатацію при різних температурних режимах. В Україні помірний клімат, різниця температур досягає 55ºС. У літній період температура повітря становить18-37ºС, у зимовий період -5,-24ºС. Сучасні двигуни мають широкий діапазон роботи. Робочою температурою для автомобільного двигуна вважається 70-90 ºС.

Постановка проблеми. Завданням роботи є проведення аналізу використання передпускового підігріву, та нагрівання двигуна автомобіля до оптимальної робочої температури для досягнення максимальної паливної економічності. При експлуатації автомобіля в холодну пору року спостерігається підвищене споживання палива двигуном автомобіля. Тому і розглядається дане питання для подальшого аналізу. Пропонується використання даної системи не тільки для холодного клімату, але й для помірного до якого і відноситься Волинська область. Також у роботі розглядається використання підігріву не тільки при мінусових температурах але й до актуальних плюсових.

Аналіз останніх досліджень. В попередніх дослідженнях був проведений огляд доступних передпускових підігрівачів. У роботі Наймана В. С. [5] проведений широкий аналіз підігрівачів різних типів. Також було представлено перелік фірм виробників даної продукції. Більшість науковців проводили роботи та досліджували вплив мінусових температур для холодного клімату. Важливими показниками у цьому напрямку є концентрація шкідливих речовин у вихлопних газах. У попередніх публікаціях [6] було проведено заміри по вмісту моно оксиду вуглецю CO а також концентрацію вуглеводнів CH при різних режимах роботи двигуна. Значення отримані з роботи двигуна без навантаження на холостому ходу, а друга частина показників знімалася з навантаженням. Процедура знімання показників виконувалась саме таким чином, тому що у міському циклі оберти колінчастого валу знаходяться в межах 1500-3500 об$^{-1}$. Дані по вмісту концентрації шкідливих речовин були отримані за допомогою газоаналізатора. Заміри були проведені протягом 2013-2014р. За цей період отримані дані як

©В.Л.Деркач

при мінусових так і при плюсових температурах. Знімання показників проводилось почергово. Тобто для порівняння з певною температурою спочатку виконувався замір з підігрівом і без. Процедура знімання показників передбачала рух у міському режимі, дотримуючись правил дорожнього руху.

Значення фіксувались після запуску двигуна, враховувались дані після нагріву агрегату до 70**ºС,** а також після 5 та 8 км. пробігу.

Невирішеними раніше проблемами є велика витрата палива у автомобілях після холодного пуску двигуна. Агрегат у холодному стані працює на високих обертах, при цьому спостерігається висока миттєва та загальна витрата палива. Тому необхідно провести заміри при різних температурних режимах з застосуванням передпускового підігріву та без застосування. Пропонується визначити діапазон температур при яких є доцільним використання передпускового підігріву.

Метою дослідження є доведення ефективності передпускового підігріву з подальшим використанням не тільки для легкових автомобілів, але й для автотранспорту загалом. Також пропонується впровадження даної системи для організацій та установ у яких робота транспорту передбачає постійне чергування. Це можуть бути служби таксі, охоронні організації з постійними стоянками. У таких умовах при мінусових температурах водії вимушені постійно прогрівати двигун автомобіля, нагріваючи салон. Необхідністю для таких автомобілів буде встановлення розетки на стоянках. Також дана система допоможе досягнути більшої економічності двигунів, збільшити ресурс акумуляторної батареї а також зменшити навантаження на стартер.

На рисунку 1 зображено електричний ТЕН вмонтований в підкапотний простір автомобіля Mitsubishi lancer 9.

Результати дослідження показали позитивний ефект використання передпускового підігріву. При використанні передпускового підігріву зменшуються оберти колінчастого вала, що супроводжується зниженням навантаження на двигун.

Спостерігається зниження миттєвої та загальної витрати палива, що передбачає економію палива. За рахунок використання передпускового підігріву зменшується миттєва витрата палива Qm після запуску двигуна. Найбільший економічний ефект спостерігається при максимально низькій температурі повітря. При t=-17ºС миттєва витрата палива становить 6,3л/год., після підігріву значення становить 3,9л/год. При плюсових температурах позитивний ефект також спостерігається, проте різниця значень є меншою. При t=20ºС після пуску двигуна, без підігріву миттєва витрата палива становить 1,92 л/год. з підігрівом 1л/год.

При температурі -17ºС значення холостого ходу становить 1715 об/хв., з підігрівом холостий хід має значення 1355 об/хв.

Отримані значення загальної витрати палива після 5 кілометрів пробігу. Загальна витрата палива при температурі двигуна -17ºС становить 9,6 л/100 км. у прогрітому стані при температурі 70ºС загальна витрата палива має значення 6,94 л/100км.

Після 8 кілометрів пробігу загальна витрата палива при температурі -17ºС становить 9,1 л/100 км. У прогрітому стані при температурі 70ºС загальна витрата палива має значення 6,56 л/100км.



Рис. 1. **ТЕН та додатковий насос вмонтований у підкапотний простір автомобіля Mitsubishi Lancer 9.**

На рисунку 2 показано порівняльні дані миттєвої витрати палива з використанням передпускового підігріву та без використання передпускового підігріву. Миттєва витрата палива отримана в перші 15 секунд після пуску двигуна автомобіля. Крива, яка відповідає за дані з підігрівом отримана після 25 хвилин використання передпускового підігріву, після чого був проведений пуск двигуна. Потужність електричного ТЕНу становить 2 кВт. Час попереднього прогріву вибраний так, щоб за короткий період досягнути максимального ефекту нагріву, тому він становить 25 хвилин. За цей період при температурі повітря -17ºС ТЕН нагріває двигун до 25ºС, а при температурі повітря 23ºС передпусковий підігрів нагріває двигун до температури 70ºС. На графіку чітко можна спостерігати ефективність використання даної системи.

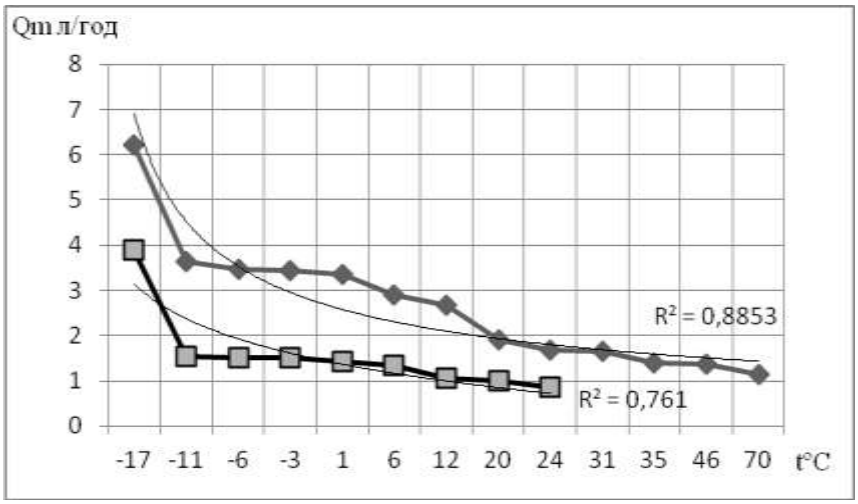


Рис. 2. **Значення миттєвої витрати палива Qm ■-з використанням передпускового підігріву, ♦- без використання підігріву після пуску двигуна.**

На рисунку 3 зображено оберти колінчастого валу при різних температурних станах двигуна. Після попереднього прогріву агрегату зменшуються оберти колінчастого валу від 300 об/хв. до 650 об/хв., в залежності від температури двигуна.

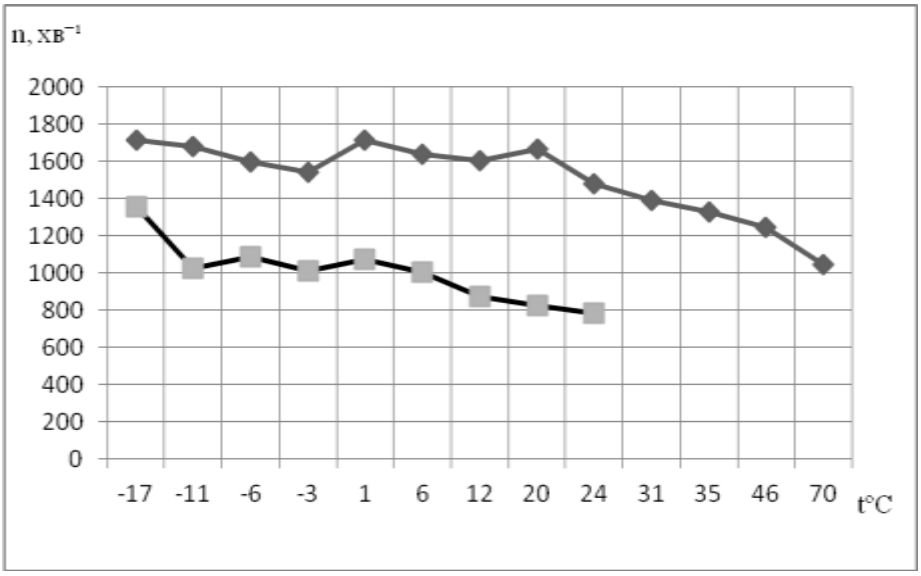


Рис. 3. **Значення холостого ходу двигуна автомобіля ■-з використанням передпускового підігріву, ♦- без використання підігріву після пуску двигуна.**

На рисунку 4 показано оберти колінчастого вала після досягнення двигуном 70ºС. Даний графік дає можливість побачити відмінності роботи інжекторних двигунів використовуючи передпусковий прогрів та без використання підігріву. Показники зняті саме після досягнення двигуном 70ºС

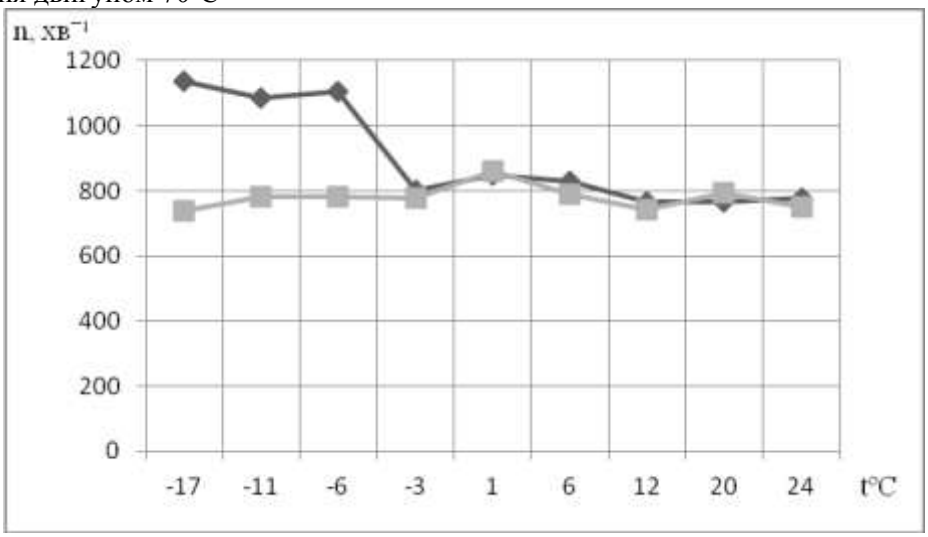


Рис. 4. **Значення холостого ходу двигуна автомобіля ■-з використанням передпускового підігріву, ♦- без використання підігріву, після досягнення двигуном температури 70ºС.**

На рисунку 5 показана загальна витрата палива Qs без використання передпускового підігріву після 5 км та 8 км пробігу автомобіля в залежності від температури двигуна у міському режимі. Автомобіль виконував їздку по визначеному маршруту.

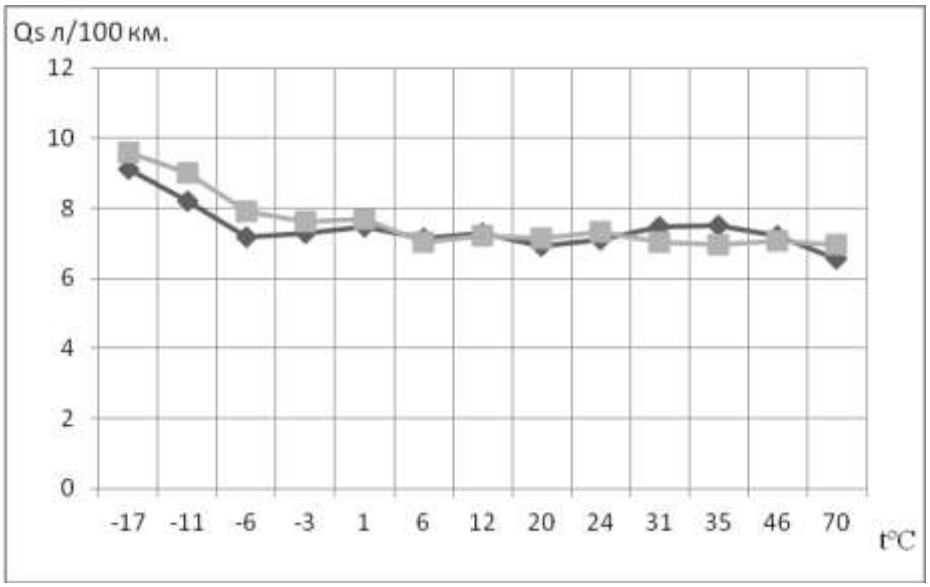


Рис. 5. **Значення загальної витрати палива Qs після 5 км та 8 км пробігу.**

Висновки

Рекомендується встановлення та використання передпускового підігріву для автотранспорту а також для організацій у яких одиниці транспорту виконують чергування на визначених місцях. Дана система забезпечить економію на витраті палива, безпроблемний пуск, комфорт пасажирам, та збільшить ресурс системі запалення автомобіля. Новизною у даній роботі є проведення досліджень для помірного клімату, використання передпускового підігріву не тільки при мінусових температурах але й до певних плюсових температур, систематизація використання передпускового підігріву.

©В.Л.Деркач

Перспективою подальших досліджень є вдосконалення системи передпускового підігріву до найбільш економічної, ефективної та комфортної для водіїв та транспорту. Використовувати можливість економії палива, зменшення вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах тим самим покращити екологічний стан у містах, та збільшити ресурс двигунів.

1. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно викидів забруднюючих речовин залежно від палива, необхідного для двигунів (Правила ЄЕК ООН № 83-02ABC:1993, IDT) – Женева.: Европейская Экономическая комиссия Организации Объединенных наций, 2011. – 83 с.
2. Гутаревич Ю.Ф., Симоненко Р.В. Вплив способу прогріву бензинового двигуна на паливну економічність та екологічні показники автомобіля // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Збірник наукових праць. Випуск 15. – Київ, НТУ, ТАУ. - 2002. - С. 73-77.
3. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно викидів забруднюючих речовин залежно від палива, необхідного для двигунів (Правила ЄЕК ООН № 83-02ABC:1993, IDT) – Женева.: Европейская Экономическая комиссия Организации Объединенных наций, 2011. – 83 с.
4. Крамаренко Г. В., Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах. Г. В. Крамаренко, В. А. Николаев, А. И. Шаталов. - М. : Транспорт, 1984. - 136 с.
5. Найман В. С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях / В. С. Найман //АСТ, 2007 – С. 7-12.
6. Деркач В.Л., Визначення впливу передпускового підігріву на показники роботи двигуна в режимі холостого ходу. Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. серія: Автомобіле - та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2014. – № 31. – 162 с.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2014.

©В.Л.Деркач

УДК 629.45.027.35:539.3

Б.М.Дівеєв, Р.В.Сава, Г.Т.Черчик, Я.П.Яворський

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ НАСОСА З ДИНАМІЧНИМИ ГАСНИКАМИ КОЛИВАНЬ

Розглядається застосування нових теоретико-експериментальних методів для точного визначення частотних характеристик динамічних гасників коливань (ДГК) та основної конструкції при вузькочастотному збуренні. Розглядаються малопараметричні схеми аналізу вібрації. Розглядається вплив еластичних та демпфуючих властивостей як основної конструкції, так і ДГК. Головною метою цього дослідження є аналіз методів ідентифікації параметрів динамічних гасників коливань і розвиток нових числових схем. Представлені дискретно-континуальні моделі динаміки таких машин як водяні насоси з приєднаними динамічними гасниками коливань. Отримані алгоритми зменшення вібрації насосів. Запропоновані нові вібропоглинаючі елементи.

Ключові слова: *водяний насос, частотні характеристики, динамічний гасник коливань, еластичні та демпфуючі властивості, ідентифікація параметрів*

Б.М.Дивеев, Р.В.Сава, Г.Т.Черчик, Я.П.Яворский

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ НАСОСА С ДИНАМИЧЕСКИМИ ГАСИТЕЛЯМИ КОЛЕБАНИЙ

Рассматривается применение новых теоретико-экспериментальных методов для точного определения частотных характеристик динамических гасителей колебаний и основной конструкции при узкочастотном возбуждении. Рассматриваются малопараметрические схемы анализа вибрации. Рассматривается влияние эластичных и демпфирующих свойств как основной конструкции так и ДГК. Главной целью данного исследования является анализ методов идентификации параметров динамических гасителей колебаний и развитие новых числовых схем. Представлены дискретно - континуальные модели динамики таких машин как водяные насосы с присоединенными динамическими гасители колебаний. Полученные алгоритмы уменьшения вибрации насосов. Предложены новые вибропоглощающие элементы.

Ключевые слова*: водяной насос, частотные характеристики, динамический гаситель колебаний, эластичные и демпфирующие свойства, идентификация параметров*

B.Diveyev, R.Sava, H.Cherchyk, Y.Yavorsky

PARAMETERS EXPERIMANTAL DEFINITION OF PUMP WITH THE DYNAMIC VIBRATION ABSORBERS

Paper deals with the new methods for the explicit determination of the frequency characteristics of dynamic vibration absorbers by narrow frequency excitation. Few parameters numerical schemes of vibration analysis are under discussion. The influence of elastic and damping properties of the basic construction and dynamic vibration absorbers are considered. The influence of dynamic vibration absorbers and basic design elastic and damping properties is under discussion. The main task of this work is to analyze parameters identification of the dynamic vibration absorber and develop new numerical schemes. The discrete-continue models of machines dynamics of such machines as water pump with the attachment of dynamic vibration absorbers are offered. The algorithms for vibration decreasing of pump are received. The new vibroabsorbing elements are proposed.

Key words: *water pump, frequency characteristics, dynamic vibration absorber, elastic and damping properties, parameters identification*

Вступ. Важливим питанням розробки сучасних машин є зменшення вібрації. Динамічні гасники коливань (ДГК) широко застосовуються для зменшення рівнів вібрації і шуму в кабінах транспортних засобів, для зменшення вібрації обертових машин, зменшення амплітуд коливань різноманітних веж і споруд, тощо. Джерелами цих збурень, наприклад, у колісних машинах можуть бути як процес взаємодії коліс з дорогою, так і внутрішні джерела: двигуни, трансмісії і т.п. Поруч з ДГК, налаштованими на резонансну частоту основної конструкції, широко застосовуються ДГК для зменшення вібрації роторних машин у заданому вузькому частотному діапазоні. Це, наприклад, турбогенератори, газокомпресорні установки, насоси та інші обертові машини з нормативною кількістю обертів за проміжок часу. Вібрація у таких машинах вузькочастотна, викликана дисбалансами обертових елементів. Для оптимального проектування ДГК необхідно знати не лише його характеристики, але й частотні характеристики основної конструкції в точках приєднання ДГК. Для точного розрахунку конструкції необхідно розробити деталізовану теоретичну модель коливної системи насос - ДГК і визначити реальні параметри цієї моделі. Для цього необхідно провести ряд специфічних експериментальних досліджень, які дозволяють ідентифікувати необхідну кількість

©Б.М.Дівеєв, Р.В.Сава, Г.Т.Черчик, Я.П.Яворський

параметрів та визначити їх реальні значення. При цьому ряд параметрів моделі задаються апріорі (маси, геометричні розміри, пружні характеристики), але такі параметри як демпфування вимагають проведення додаткових досліджень.

Для визначення оптимальних параметрів ДГК необхідно визначити його динамічні характеристики в залежності від конструктивних параметрів, а також дослідити характеристики корпуса насоса в точках приєднання ДГК. Згідно розробленої спрощеної розрахункової схеми треба визначити ряд параметрів моделей, що відображають як властивості ДГК, так і властивості насоса на фундаменті: коефіцієнти жорсткості, коефіцієнти демпфування, параметри нелінійної жорсткості та нелінійного тертя зернистої маси у контейнерах.

Аналіз останніх досліджень. Оптимізація ДГК для недемпфованої одномасової основної системи при дії гармонійного збудження в околі резонансу базисної конструкції належить до стандартних задач. Детальний розгляд методів оптимізації ДГК надані в [1-3]. Коли немає демпфування в головній системі, процес оптимізації спрощений існуванням фіксованих точок перетину на відповідних кривих амплітудно-частотних характеристик (АЧХ). Ці пункти мають таку властивість: всі АЧХ незважаючи на демпфування ДГК проходять через них. Більшість ДГК, проте, мають певну кількість власного демпфування яке може вважатися в'язкопружним для випадку малих переміщень. Коли таку систему з ДГК піддано гармонійному збудженню результуючі АЧХ для головної системи не експонують ніякого фіксованого пункту перетину.

Для дослідження динаміки складних систем розроблено низку адаптивних дискретно-континуальних моделей [4-7]. Важливим також є дослідження ефективності ДГК поза власними резонансами головної системи. Адже реально часто потрібна конструкція ДГК ефективна для деякої основної частоти зовнішнього збурення, наприклад у насосах, турбінах, електродвигунах тощо. Більшість практичних застосувань ДГК базуються на недостатньо повних математичних моделях складних конструкцій і неефективному проектуванні ДГК. Не враховуються пружні властивості самої конструкції, пружні властивості вузла приєднання ДГК до основної конструкції, характеристики приєднаних елементів

Основні рівняння для ідентифікації. Розглянемо схему ДГК, інерційні маси якого виготовлені у вигляді контейнерів, наповнених свинцевими кульками. На рис. 1 показаний загальний вигляд розробленого в ході наукових досліджень регульованого широкочастотного динамічного гасника коливань роторної машини.

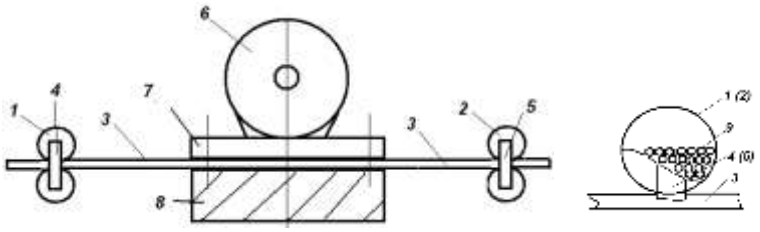


Рис 1. **Регульований широкочастотний ДГК роторної машини**

На рис. 1 використані наступні позначення: 1, 2 – вібропоглинаючі елементи (контейнери, заповнені демпфуючим матеріалом); 3 – пружний пластинчастий елемент; 4, 5 – з'єднувально-напрямні пристрої вібропоглинаючих елементів ДГК; 6 – роторна машина; 7 – опорна площадка; 8 – фундамент; 9 – свинцеві кульки, вільно вкладені до контейнерів 1, 2. Принцип роботи динамічного гасника коливань роторної машини полягає у наступному: вібрація від роторної машини 6 (див. рис. 1) передається до вібропоглинаючих елементів 1, 2. Кожен з них починає незалежно поглинати енергію коливань системи у визначеному частотному діапазоні. Регулюючи за допомогою з'єднувально-напрямних пристроїв 4, 5 віддаль розташування вібропоглинаючих елементів 1, 2 відносно осі роторної машини 6, здійснюємо налаштування кожного з вібропоглинаючих елементів 1, 2 на основну частоту роторної машини. Змінюючи кількість та масу свинцевих кульок 9, вільно встановлених у пустотілих контейнерах вібропоглинаючих елементів 1, 2, забезпечують відповідні величини демпфування в околі заданої робочої частоти. У такий спосіб змінюються експлуатаційні властивості цілісної пружно-демпфуючої системи і забезпечується прецизійне налаштування показників вібропоглинання ДГК, що дозволяє вирішити дві основні задачі: 1) забезпечити високоефективне поглинання енергії механічних коливань системи; 2) не допустити виникнення резонансних коливань у зоні розрахункових частот, які вибираються в околі частоти найінтенсивніших коливань роторної машини.

Розрахункова модель описувалась наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} & m_1 \ddot{w}_0 + (k_1 D_K + k_A D_A + k_{A2} D_{A2}) \dot{w}_0 + (k_1 + k_A + k_{A2}) w_0 - k_A D_A \dot{w}_A - \\ & - k_A D_A \dot{w}_A - k_A w_A - k_{A2} w_{A2} = F \\ & m_A \ddot{w}_A + k_A D_A \dot{w}_A + k_A w_A - k_A D_A \dot{w}_0 - k_A w_0 = 0; \\ & m_{A2} \ddot{w}_{A2} + k_{A2} D_{A2} \dot{w}_{A2} + k_{A2} w_{A2} - k_{A2} D_{A2} \dot{w}_0 - k_{A2} w_0 = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

де m , m_A, m_A маси, відповідно, базисної конструкції, першого та другого ДГК; k_1, k_{A1}, k_{A2} – відповідні жорсткості; D_K, D_A, D_{A2} – коефіцієнти в'язкого демпфування. w_0, w_A, w_{A2} – переміщення; F – гармонійне збурення.

Модель ударної маси (рис. 2) застосовувалася для корекції як мас ДГК так і демпфування у їх з'єднаннях. Жорсткість пружних пластинчастих елементів коректувалася на основі як уточненого визначення пружних та демпфуючих властивостей пластини [8,9], так і уточненого розрахунку параметрів затиснення пружної пластини [10,11].

Для моделювання руху часток (дробинок або свинцевих кульок)наповнення контейнерів застосовувалася модель ударної маси .

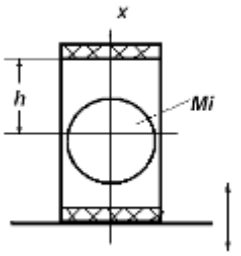


Рис. 2. **ДГК з ударною масою Мі**

Рівняння динамічної рівноваги для маси *Mi* наступні:

$$m_i \ddot{w}_i + C_i \dot{w}_i + k_G(x)(w_i - w_0) + C_G(x)\left(\dot{w}_i - \dot{w}_0\right) = 0 \quad |w_i - w_0| > |h - R| \; ; \quad (2)$$

$$m_i \ddot{w}_i + C_i \dot{w}_i = 0 \;\; |w_i - w_0| \le |h - R| ,$$

де m_i – маса наповнювача; C_i – коефіцієнти в'язкого демпфування у контейнері; K_G – жорсткість пружних прокладок; C_G – коефіцієнти в'язкого демпфування прокладок; w_i – переміщення еквівалентної маси; w_0 – переміщення основи контейнера.

Експериментальні дослідження. Для експериментальних досліджень використовувався вібровимірювальний комплекс (рис. 3) Для збудження вібрації використовувати спосіб [1-3] визначення демпфування, заснований на розрахунку монотонного зменшення амплітуди коливань при деякому початковому збуренні двох видів: кінематичному та ударному.



Рис. 3. **Вібровимірювальний комплекс**

Розглянемо спочатку кінематичне збурення, яке здійснювалось за схемою, показаною на рис. 4 і застосовувалося для визначення пружно-демпфуючих властивостей саме пластинчастого ДГК.

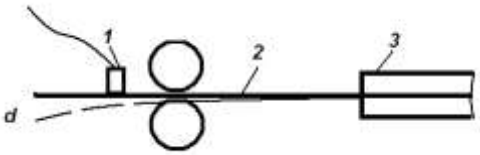


Рис. 4. **Схема експериментальної установки для дослідження кінематичного збурення ДГК**

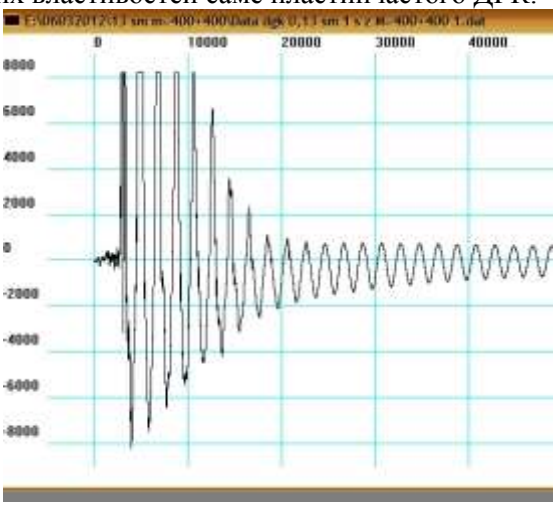


Рис. 5. **Віброграма затухаючих коливань при кінематичному збуренні ДГК**

На рис. 4 прийняті наступні позначення: 1 вібродавач; 2 – ДГК; 3 – затиснення; d – задане початкове кінематичне відхилення пружної пластини 2 ДГК. На рис. 5 наведено типова віброграма затухаючих коливань при кінематичному збуренні ДГК. Як можна помітити початкове демпфування досить значне, доки наповнення контейнерів ДГК рухливе. На рис. 6. показана схема ударного збурення (точки затиснення ДГК), а на рис. 7 відповідна віброграма.

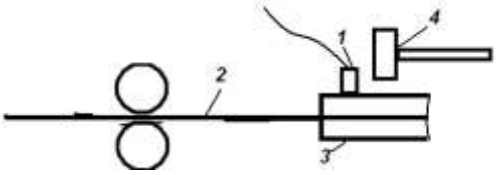


Рис. 6. **Схема експерименту для визначення параметрів коливної системи при ударному збуренні: 1 вібродавач; 2 – ДГК; 3 – затиснення; 4 – ударний пристрій**

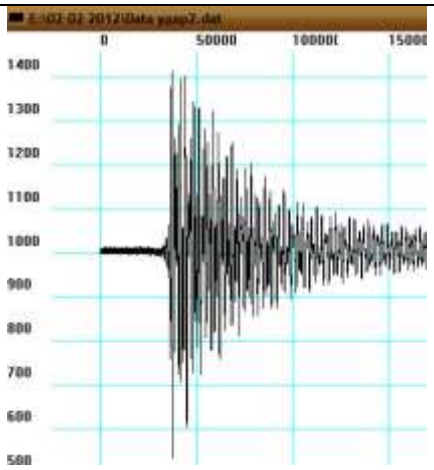


Рис. 7. **Віброграма затухаючих коливань при ударному збуренні затиснення ДГК**

Ідентифікація параметрів насоса. Головну роль у ідентифікації механічних властивостей відіграє топологія множини відхилень. Однозначний розв'язок існує лише коли ця множина випукла. Вираховуються та знаходяться експериментально перші власні частоти для різних мас доданих до еластичних елементів динамічних гасників коливань. Однозначно визначаються параметри динамічних гасників коливань та механічні параметри базисної структури – насоса в точках приєднання динамічних гасників коливань.

Хоча деякі параметри ДГК і насоса можна визначити по віброграмах, однак, деякі, наприклад, маса базисної системи m_1 залишається невідомою у рівнянні 1.1. Для точнішого визначення параметрів моделі було проведемо ряд додаткових експериментів (стосується визначення параметрів m_1 , k_1 – маси та жорсткості основної системи). Одночасно вимагають уточнення параметри ДГК –

m_A , k_A. Хоча вони можуть бути обчислені точніше ніж параметри основної системи, все ж це потребує значних зусиль як у визначенні пружних властивостей самого ДГК та пружних властивостей затиснення пластини ДГК. Хоча тут можна провести докладний теоретичний аналіз [8-11], однак на основі ряду простих експериментів можна доволі точно визначити ці параметри як комплексні величини, що входять у систему рівнянь (1). Спочатку вияснимо коректність цих схем. На рис. 8 наведена карти відхилень частот R від центрованих значень у залежності від зміни параметрів m_1 , k_1:

$$R = \left| f(m_{10}, k_{10}) - f(m_{1i}, k_{1i}) \right|, \begin{matrix} m_{1i} = m_{10}(i - N/2), i = 1,...N, \\ k_{1i} = k_{10}(i - N/2), i = 1,...N \end{matrix} . \qquad (3)$$

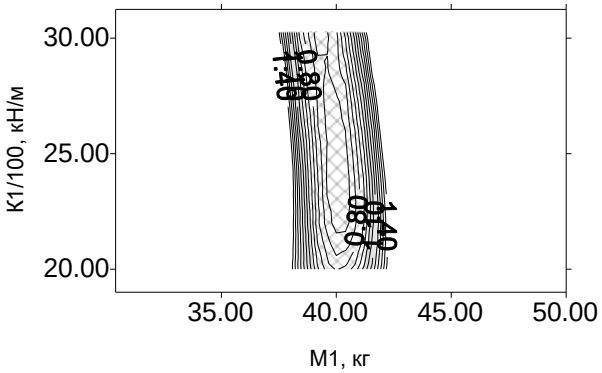


Рис. 8. **Сума карт відхилень *R* частот коливань ДГК від центрованих значень у залежності від зміни параметрів m_1 , k_1 для маси ДГК: m_A = 1,5 кг (*а*) та m_A = 3 кг (*б*)**

Бачимо, що параметри основної системи визначаються однозначно.

Як пристрій для тестування використаємо розроблений ДГК. Виконаємо для цього ряд таких експериментів: кінематичне збурення ДГК для різних його масах (схема експерименту див. рис. 4). Були отримані значення власних частот для різних мас m_A , розташованих на краю пластини ДГК.

Для визначення всіх параметрів, k_1, m_1 , m_A , k_A застосуємо метод генетичної мінімізації для цільової функції $F_c = \sum_i \left| f_T(M_i) - f_e(M_i) \right|$, де $f_T(M_i) = f_T(M_i, k_1, m_A, k_A)$ – теоретично отримані значення власної частоти, $f_e(M_i)$ – експериментальні значення (Табл. 1).

Таблиця 1.

Власні частоти коливань ДГК для різних його мас

M, кг	0	0,669	1,100	1,521	1,881	3,115
f, Гц	69	48	36	32,3	29,2	24,4

Отримуємо такі значення для параметрів основної конструкції – насоса у місці приєднання ДГК: fKm =65,5 Гц; M=34,4 кг.

Якщо вплив маси важко відслідковувати внаслідок складності конструкції насоса, то частоту коливань можна спостерігати на віброграмах (рис. 7) при ударному збуренні. Бачимо, що вона знаходиться в околі 65 Гц (як було визначено теоретично). Тобто, власна частота основної конструкції вища за робочу частоту 50 Гц. Це дає інформацію, в якому околі власних частот ДГК шукати оптимум вібропоглинання на робочій частоті.

Висновки. У даній роботі наведений теоретико-експериментальний комплекс для визначення характеристик як ДГК, так і основної конструкції. Для отримання експериментальним шляхом динамічних характеристик застосовувалися два способи: задавалося деяке початкове кінематичне відхилення для ДГК та деяке початкову ударне збудження для основної конструкції. Показано достатньо велике демпфування у конструкції ДГК з контейнерами наповненими свинцевими кульками. Також достатньо велике демпфування самого корпуса насоса на фундаменті. На основі порівняння експериментальних даних з теоретичними визначені конкретні параметри математичної моделі (1, 2). Розроблений спосіб визначення динамічних характеристик базисної конструкції у точці закріплення ДГК. Тут як тестовий взірець використовуються ці ж самі ДГК, але з різними масовими параметрами, Це дозволило однозначно визначити динамічні характеристики базисної конструкції.

Зазначимо, що у нашій системі власна частота конструкції виявилася вищою за частоту збурення. Цей результат отримано двояким чином: прямим аналізом віброграм при ударному збуренні та на основі розробленого багатомасовому способі ідентифікації. Таким чином, визначені динамічні параметри ДГК та корпуса насоса, що дає можливість оптимального проектування ДГК.

1. Вибрации в технике. Т.6. Защита от вибрации и ударов. –М.: Машиностроение. 1981. – 456с.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле.-М.: Наука,1967.-444с.
3. Den Hartog, J. P. (1956), Mechanical Vibrations (4th edition) Mc Graw-Hill, New York.
4. Diveiev Bogdan. Rotating Machine Dynamics With Application Of Variation-Analytical Methods For Rotors Calculation. Proceedings of the XI Polish – Ukrainian Conference on "CAD in Machinery Design – Implementation and Education Problems.", Warsaw, June 2003, pp.7-17. 14.
5. Б.М. Дівеєв, О.М. Дубневич, Я.М. Олексюк. Проектування динамічних гасників коливань для транспортних процесів. Вісн. Національного університету "Львівська політехніка" // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. № 41. 2007. – С.109-116.
6. Kernytskyy I., Diveyev B., Pankevych B., Kernytskyy N. 2006. Application of variation-analytical methods for rotating machine dynamics with absorber. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Civil Engineering, Volume 9, Issue 4. Available Online http://www.ejpau.media.pl/
7. Stocko Z., Diveyev B., Topilnyckyj V. Diskrete-cotinuum methods application for rotating machine-absorber interaction analysis. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. VOL. 20, ISS. 1-2, January-February 2007, pp. 387-390.
8. Diveyev B., Butyter I., Shcherbyna N. High order theories for elastic modules identification of composite plates. Part 1. Theoretical approach // Mechanics of Composite Materials. – Vol.44, No.1. – 2008. – P. 25–36.
9. Diveyev B., Butyter I., Shcherbyna N. High order theories for elastic modules identification of composite plates. Part 2. Theoretical-experimental approach //Mechanics of Composite Materials. – Vol.44, No.2. – 2008. – P. 139–144.
10. Diveyev B. M., Nykolyshyn M. M. Refined Numerical Schemes for a Stressed-Strained State of Structural Joints of Layered Elements // Journal of Mathematical Sciences. – 2001. –Vol. 107, No.1. – P. 130.
11. Diveyev B., Butyter I., Shcherbyna N. Influence of clamp conditions on frequency spectra of laminated beams // XVI International Conference on Mechanics of Composite Materials (May 24-28, 2010, Riga, Latvia): Proceeding. - Riga. - 2010. - P.312-317

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

УДК 656.13

Л.С.Дідківська
Національний транспортний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ОБЛАСТІ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ АДАПТИВНИХ МЕТОДІВ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧЕРЕЗ ОЦІНКУ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

На базі розробленої оцінки ступеня стаціонарності транспортних потоків методами спектрально-кореляційного аналізу запропоновано спосіб визначення коректного діапазону ефективного функціонування адаптивних методів регулювання дорожнього руху в умовах нестаціонарності процесу надходження транспортних засобів $N(t)$.

Ключові слова*: інтелектуальна транспортна система, адаптивні методи регулювання дорожнього руху, рівень стаціонарності, процес надходження транспортних засобів, спектрально-кореляційний аналіз, автокореляційна функція.*
Рис 5. Форм 5. Літ 18.

ОБОСНОВАНИЕ ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ МЕТОДОВ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

На базе разработанной оценки степени стационарности транспортных потоков методами спектрально-корреляционного анализа предложен способ определения корректного диапазона эффективного функционирования адаптивных методов регулирования дорожного движения в условиях нестационарности процесса поступления транспортных средств $N(t)$.

Ключевые слова: *интеллектуальная транспортная система, адаптивне методы регулирования дорожного движения, урівень стационарности, процесс поступлення транспортних средств, спектрально-корреляционный аналіз, автокорреляционная функція.*

JUSTIFICATION FOR THE FIELD OF EFFICIENT FUNCTIONING OF THE ADAPTIVE METHODS FOR THE TRAFFIC LIGHT REGULATION THROUGH ASSESSMENT OF TRAFFIC FLOW PARAMETERS

IT development with big cities glutted by vehicles on the background creates preconditions for implementation of the intellectual transport systems for traffic regulation. At the controlled crossings level the assignment of such systems is provided by means of flexible (adaptive) regulation.

The newest technologies for traffic light signaling are developed in Ukraine. These are implemented on the modern hardware and contain closed contours of automatic control through vehicle detectors, video monitoring, etc. However, such equipment costs are quite high, so these facilities introduction requires justification and explicit application criteria.

Currently, the traffic management at road network crossings is done mainly by strict regulation. At the same time, the present technical possibilities of serial industrial facilities far exceed functioning traffic control technologies in terms of its nonstationarity. Wider introduction of the newest flexible technologies is slowed by the lack of modernized standards and criteria for the range of their effective functioning. Based on the developed assessment of the vehicle flows stationarity degree using spectral correlation analysis an approach is offered to determine the correct range of the effective functioning of the adaptive traffic control methods in terms of vehicles proceeds nonstationarity.

Keywords:*intellectual transport system, adaptive traffic control methods, stationarity level, vehicles proceeds process, spectral correlation analysis, auto-correlation function.*

Розвиток інформаційних технологій на тлі перенасичення великих міст транспортними засобами створює передумови для впровадження інтелектуальних транспортних систем регулювання транспортних потоків. На рівні регульованих перехресть виконання завдання таких систем забезпечується гнучкими (адаптивного) методами регулювання (ГМР).

В Україні розробляються новітні технології світлофорної сигналізації, що реалізуються на сучасній комп'ютерній базі й містять замкнені контури автоматичного управління завдяки детекторам транспорту, відеомоніторингу та ін. Проте, вартість такого обладнання досить висока, тому впровадження цих засобів потребує обґрунтування і чітко сформульованих критеріїв застосування.

Актуальність теми. Під час проектування доріг, збудованих десятиліття тому, не було враховано показників сучасного приросту кількості транспортних засобів, що призвело до ускладнення транспортної ситуації в великих містах з кількістю населення понад сто тисяч. Назрівання аналогічної ситуації відбувається і в містах, кількість населення яких становить десятки

©Л.С.Дідківська

тисяч. Перед жителями найбільших міст така проблема постала десятиліття тому, і на мінімізацію її негативних наслідків спрямовані передові технології та новітні розробки у галузі науки і техніки.

Як в Україні, так і в усьому світі розвиток і розширення наявних транспортних шляхів в умовах агломерації, а також з екологічної і фінансової причин, можливе лише з певними обмеженнями. Альтернативою розширення вулично-дорожньої мережі є зменшення кількості транспортних засобів на дорогах шляхом підвищення вартості транспортних зборів і податків. Такі заходи можуть позначитися на якості життя населення і мати непередбачувані наслідки для економіки в цілому.

Водночас підвищити ефективність перевезень можна за допомогою технологічних заходів. Відправними точками для цього є оснащення транспортних засобів сучасною інформаційною технікою і впровадження новітніх технологій у процес організації дорожнього руху. Гнучкі методи світлофорного регулювання в умовах роботи регульованого перехрестя слід віднести саме до таких заходів. Встановлено за доцільне дослідити нормативне і практично-технічне поле функціонування «інтелектуальних» транспортних систем [6], що базуються на засадах адаптивного регулювання транспортними потоками.

Цій проблемі присвячено праці багатьох вітчизняних та іноземних науковців: Е.В. Гаврилова [16], Д. Дрю [3], В.І. Єресова [4, 5], Ю.А. Кременця, М.П. [7], Печерського [7,10], В.П. Поліщука [16], Д.С. Самойлова [14], В.В. Сільянова [15], С. Халберта, Б.М.[13], Четверухіна [9,17,18] та ін.

Наявні методи регулювання дорожнього руху (здебільшого — програмні) не враховують рівень стаціонарності його параметрів, що природно впливає на якість світлофорного регулювання. До того ж широко використовувані критерії якості управління, такі як непродуктивні транспортні затримки, довжина черги перед стоп-лінією, кількість транспортних засобів у черзі, також не враховують рівень стаціонарності параметрів транспортних потоків. На практиці застосовуються принципи представлення світлофорних об'єктів як систем масового обслуговування, що працюють в сталому режимі за усереднених характеристик потоків. Експериментальні дослідження, навпаки, доводять, що процес надходження транспортних засобів є нестаціонарним.

Метою дослідження є підвищення ефективності регулювання дорожнього руху шляхом дослідження його закономірностей і обґрунтування умов доцільності впровадження "інтелектуальних" транспортних систем на регульованих перехрестях вулично-дорожньої мережі.

Сьогодні управління транспортними і пішохідними потоками на перехрестях здійснюється переважно методами жорсткого (програмного) регулювання. Параметри управління (уставки) світлофорного регулювання при цьому принципово не можуть змінюватись у процесі регулювання. Водночас відомо, що параметрам як транспортних, так і пішохідних потоків притаманна властивість нестаціонарності.

Режими жорсткого програмного світлофорного регулювання розраховуються, з огляду на умови максимального (пікового) завантаження перехрестя, при цьому

$$x_1 = x_2 = ... = x_n = x_0 = const, \tag{1}$$

де x_0 – оптимальний ступінь насичення фаз перехрестя.

Оптимальності режиму світлофорного регулювання буде досягнуто за умови, коли за кожний цикл надходитиме однакова кількість автомобілів:

$$N_1(t) = N_2(t) = N_3(t) = ... = N_m(t). \tag{2}$$

Твердження про нестаціонарність потоків ставить під сумнів виконання умови (2), а отже і (1), та, як наслідок, ефективність жорстких методів регулювання.

Виконання умови (2) стає можливим лише в разі застосування принципу гнучкого (адаптивного) регулювання, в основу якого покладено зворотний зв'язок з транспортним потоком. Він реалізується за допомогою детекторів транспорту, що забезпечують автоматичний моніторинг характеристик транспортного потоку (інтенсивності, щільності, інтервалів руху тощо).

Робоча гіпотеза полягає у тому, що в діапазоні реальних завантажень зі зростанням завантаження напрямку (смуги руху) випадковий процес надходження транспортних засобів $N(t)$ стає стабільнішим (підвищується рівень стаціонарності). Інакше кажучи, стабільність надходження

автомобілів на напрямки перехрестя залежить від рівня його завантаження, до того ж, при низьких завантаженнях стабільність низька, а при високих, навпаки, – висока.

У результаті аналізу наявних рекомендацій із упровадження гнучких методів регулювання виявлено відсутність врахування рівня стаціонарності параметрів транспортних потоків. Отже, постає концептуальна задача – окреслити зону ефективного застосування технологій світлофорного регулювання залежно від умов і параметрів руху. На формування позиції автора в питанні функціонування гнучких методів регулювання вплинули роботи В.В. Сільянова, М.П. Печерського, Ю.А. Кременця, П.В. Рушевського, В.П. Поліщука, В.І. Єресова, Б.М. Четверухіна, Є.Г. Ногової та ін.

Здійснено оцінювання стану транспортного потоку на основі низки показників, що характеризують його стан якісно та кількісно. Базою для проведення аналізу слугував набір статистичних даних, одержаних шляхом спостереження за транспортними потоками.

Було здійснено перевірку нормальності статистичних сукупностей з позитивним результатом за наближеним критерієм Шапіро – Вілка (W – критерій). Застосування регресійного аналізу дало змогу встановити зв'язок обраних параметрів із коефіцієнтом завантаження дороги рухом Z. [2] Зведений графік на рисунку 1 дозволяє комплексно проаналізувати обрані параметри, що характеризують стан транспортного потоку.

У ході дослідження процесу $N(t)$ на основі рівня завантаження рухом Z стало відомо, що в діапазоні завантажень $0 < Z < 1$ для незбурених транспортних потоків (тобто таких, що є вільними від впливу об'єктів вулично-дорожньої мережі) коефіцієнт стаціонарості інтенсивності транспортного потоку не досягає критичного значення $\alpha_{доп}$, а статистичні характеристики (математичне очікування і дисперсія) показали свою залежність від часу. Водночас результати прогнозування за допомогою лінії тренду вказують на досягнення коефіцієнтом стаціонарності значення критерію стаціонарності: $\alpha = \alpha_{доп} = 0{,}05$ за умови, що $Z = 1$. Тобто, можна очікувати, що процес $N(t)$ за цих умов буде стаціонарним, отже умови (1) і (2) виконуватимуться. Відповідно жорсткі методи регулювання будуть не менш ефективними, ніж гнучкі методи, за вказаного рівня завантаження.

Коефіцієнт варіації інтенсивності v_N та рівномірності надходження транспортних засобів f принципово можна використовувати для характеристики рівня стаціонарності незбурених транспортних потоків. Одержана залежність $\alpha(v_N)$ з більшою чутливістю характеризує рівень стаціонарності.

На наступному еттапі вирішення задач дослідження булоприділено увагу встановленню зв'язків між параметрами, що характеризують стан транспортного потоку (коефіцієнт варіації інтенсивності v_N, рівномірності f, стаціонарності α) та його спектрально-кореляційними характеристиками задля визначення швидкості зміни процесу $N(t)$.

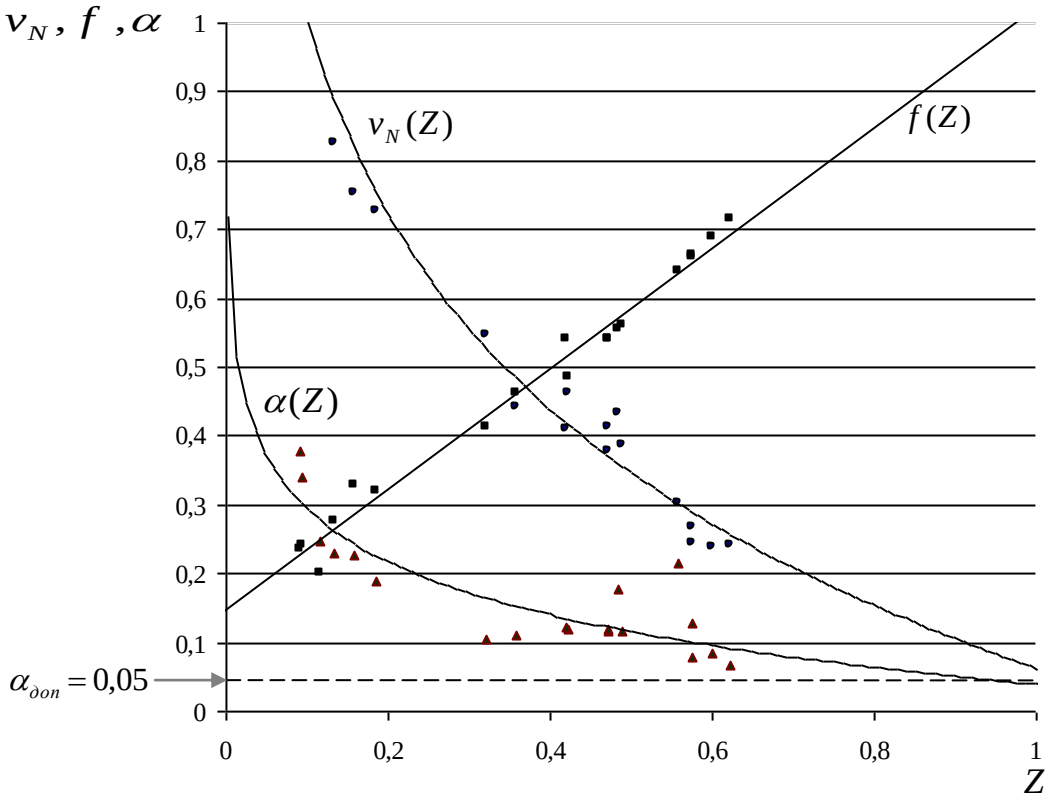


Рис. 1 **Графіки залежності коефіцієнта варіації v_N, коефіцієнта рівномірності f та коефіцієнта стаціонарності α від рівня завантаження рухом Z**

Для удосконалення ж оцінювання стаціонарності процесу надходження транспортних засобів *N(t)* було застосовано елементи спектрально-кореляційного аналізу [8. Оскільки, за класичним визначенням, випадковий процес $X(t)$ називається стаціонарним у випадку, коли його кореляційна функція не залежить від поточного часу, розраховано і проаналізовано поведінку автокореляційної функції [1, 12]:

$$R_x(t_1;t_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 f(x_1;x_2;t_1;t_2)dx_1dx_2\,, \tag{3}$$

де t_1 і t_2 – моменти часу, між якими визначається статистичний зв'язок випадкових величин x_1 та x_2.

Для розрахунку дискретних процесів використовується формула

$$R_x(t_1;t_2) = M\{x(t_1)x(t_2)\} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x(t_1)x(t_2)\,, \tag{4}$$

де N – кількість реалізацій випадкового процесу;

$x(t_1)$; $x(t_2)$ – значення $x(t)$ в моменти часу t_1 і t_2, що відраховуються від початку кожної реалізації.

Позначивши t_2 як суму $t_1 + \tau$, формулу (4) можна записати у вигляді

$$R_x(t;\tau) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x(t)x(t+\tau)\,. \tag{5}$$

Вираз (5) характеризує статистичний зв'язок значень випадкового процесу $N(t)$ в будь-який поточний момент часу t, що відраховується від початку кожної реалізації зі значеннями цього

процесу в перерізі, віддаленого на час τ (у межах цього дослідження було обґрунтовано і прийнято тривалість $\tau = 10\ c$).

Як параметр автокореляційної функції, що характеризує тривалість зв'язку між значеннями випадкової величини в найближчі моменти часу, використано період її спаду $\tau_{сп}$ (вимірюється у кількості періодів τ).

На рисунку 2 зображено функції $R_x(t;\tau;Z)$, розраховані за формулою (5) і пронормовані з метою порівняння швидкості спаду кореляційних функцій, що оцінюється величиною $\tau_{сп}$.

З рисунку 2 видно, що зі збільшенням завантаження вулично-дорожньої мережі міст рухом сімейство кривих функції кореляції і дотичних до них вказують на подовження тривалості зв'язку між значеннями випадкової величини в найближчі моменти часу, а отже, і підвищення рівня стаціонарності процесу *N(t)*. З погляду обґрунтування доцільності впровадження гнучких методів світлофорного регулювання це підтверджує некоректність наявних рекомендацій і свідчить на користь робочої гіпотези.

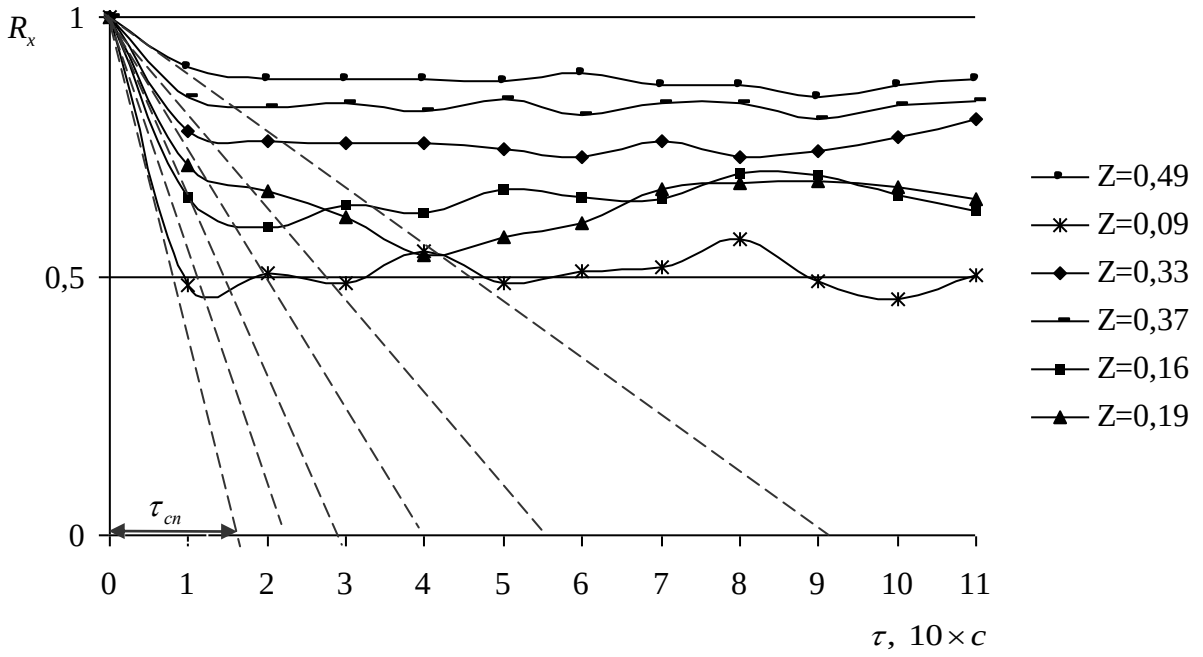


Рис. 2. **Графіки автокореляційної функції випадкового процесу *N(t)***

Подальші дослідження дали змогу встановити залежності, наведені нижче на рисунку 3.

$\tau_{сп},\ 10\times c$

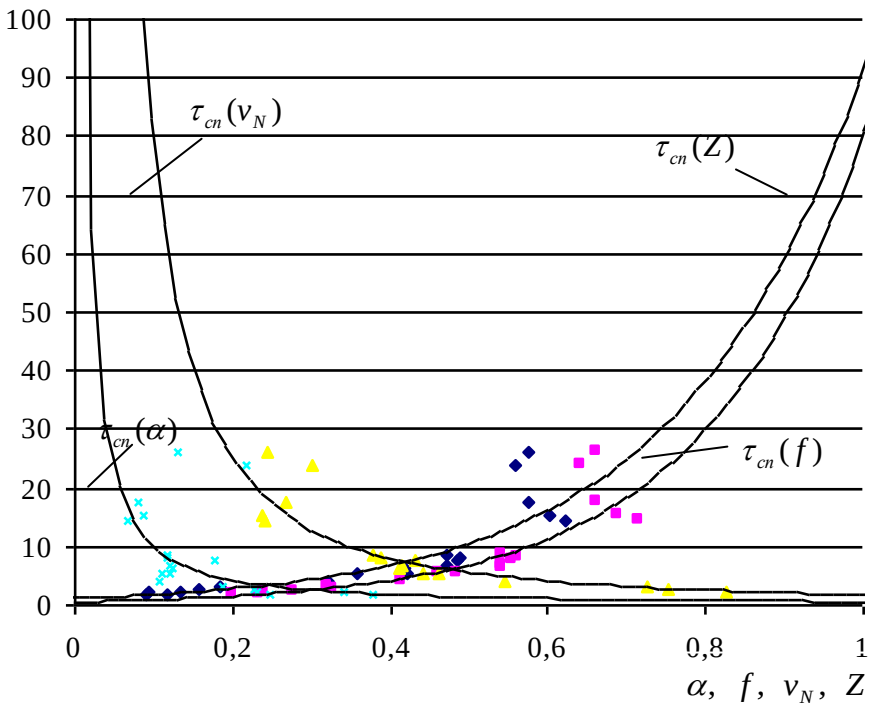


Рис. 3. **Залежність періоду спаду автокореляційної функції $\tau_{сп}$ від коефіцієнта завантаження рухом *Z*, коефіцієнта стаціонарності *α*, коефіцієнта рівномірності *f*, коефіцієнта варіації ν_N**

Отримані дані дозволяють оцінювати динаміку транспортного потоку на основі інформації від детекторів транспорту і оперативних розрахунків параметрів, що характеризують випадковий процес $N(t)$. За усередненими показниками за час моніторингу характеристик транспортного потоку $t_м$, що пропонується розраховувати, беручи до уваги прогнозований період спаду $\tau_{сп}$, визначатимуться оптимальні тривалості фаз на кожному з напрямків.

Це означає, що при функціонуванні адаптивних (гнучких) методів регулювання руху тривалість фаз для кожного напрямку руху за невисоких значень коефіцієнта завантаження рухом буде змінюватися щоразу, а в разі стабілізації характеру надходження транспортних засобів імовірність повтору тривалостей фаз для напрямку зростатиме. Значення тривалостей фаз у цьому випадку буде близьким за значенням до розрахованого для жорстких методів регулювання. Натомість, якщо використовувати жорсткі методи регулювання за відносно малих значень *Z*, фази будуть мало насиченими, імовірність роботи перехрестя в умовах «ніхто нікуди не їде» зростає зі зменшенням інтенсивності руху.

Спектрально-кореляційний аналіз дав змогу встановити кількісні залежності між рівнем завантаження рухом Z, коефіцієнтом варіації інтенсивності ν_N, рівномірності f, стаціонарності α і періодом спаду автокореляційної функції $\tau_{сп}$. Висновки про підвищення рівня стаціонарності зі зростанням завантаження проїзної частини рухом, підтверджено на базі аналізу статистичних даних, оскільки в разі зростання інтенсивності руху кореляційний зв'язок між кількісними характеристиками процесу $N(t)$ в фіксовані моменти часу t_1 і t_2, де $t_2 = t_1 + \tau$, підсилюється. Серед досліджених параметрів, що характеризують стан процесу $N(t)$, коефіцієнт варіації ν_N найсильніше корелює з величиною спаду автокореляційної функції $\tau_{сп}$ і може бути використаний для її характеристики і прогнозування.

Здійснено аналіз наявних методик щодо застосування їх до техніко-економічних розрахунків доцільності впровадження гнучких технологій світлофорного регулювання на ізольованих перехрестях в умовах нестаціонарності параметрів, що характеризують стан транспортного потоку.

Оцінювання техніко-економічної ефективності здійснене на прикладі моделювання роботи чотиристороннього перехрестя в умовах однорядного руху в кожному напрямку з сумарною інтенсивністю перехрестя від 338 авт./год до 2317 авт./год при ідеальному потоці насичення під час проходження стоп-лінії. Ідеальний потік насичення відповідає значенню годинної інтенсивності на рівні $N_{ідеал} = M_{н\ ідеал} = 1860$ авт./год.

Рекомендації з упровадження того чи іншого виду світлофорного регулювання зазвичай подаються з огляду на співвідношення величин інтенсивностей на головній та другорядній дорозі. Пропонується розглядати транспортні засоби як рівноправні й визначати якість управління транспортними потоками на основі величини сумарної або середньої затримки транспортних засобів на перехресті та їх вартості.

Для реалізації гнучких методів регулювання транспортних потоків пропонується алгоритм *порівняння концентрації транспорту на напрямку з зеленим сигналом з затримкою на напрямку з червоним сигналом*, побудований за принципом мінімізації затримок.

Техніко-економічний аналіз дав змогу розробити методику прийняття рішення під час упровадження гнучких методів регулювання залежно від значення середньодобової інтенсивності руху на перехресті й вартості проекту, з врахуванням вартості річного обслуговування системи (рисунок 4).

Умовні позначення до рисунку 4:

- $N_{П}$ – середньодобова інтенсивність (як сумарна для всіх напрямків руху);
- $\sum M_n$ – максимальна сумарна кількість транспортних засобів, що їх може пропустити перехрестя за годину роботи;
- $B_{ГМР}$ – допустимий рівень вартості проекту, грн.;
- $K_{б\ доп}$ – балансова вартість технічних засобів, що реалізують принципи гнучких методів регулювання руху, грн.

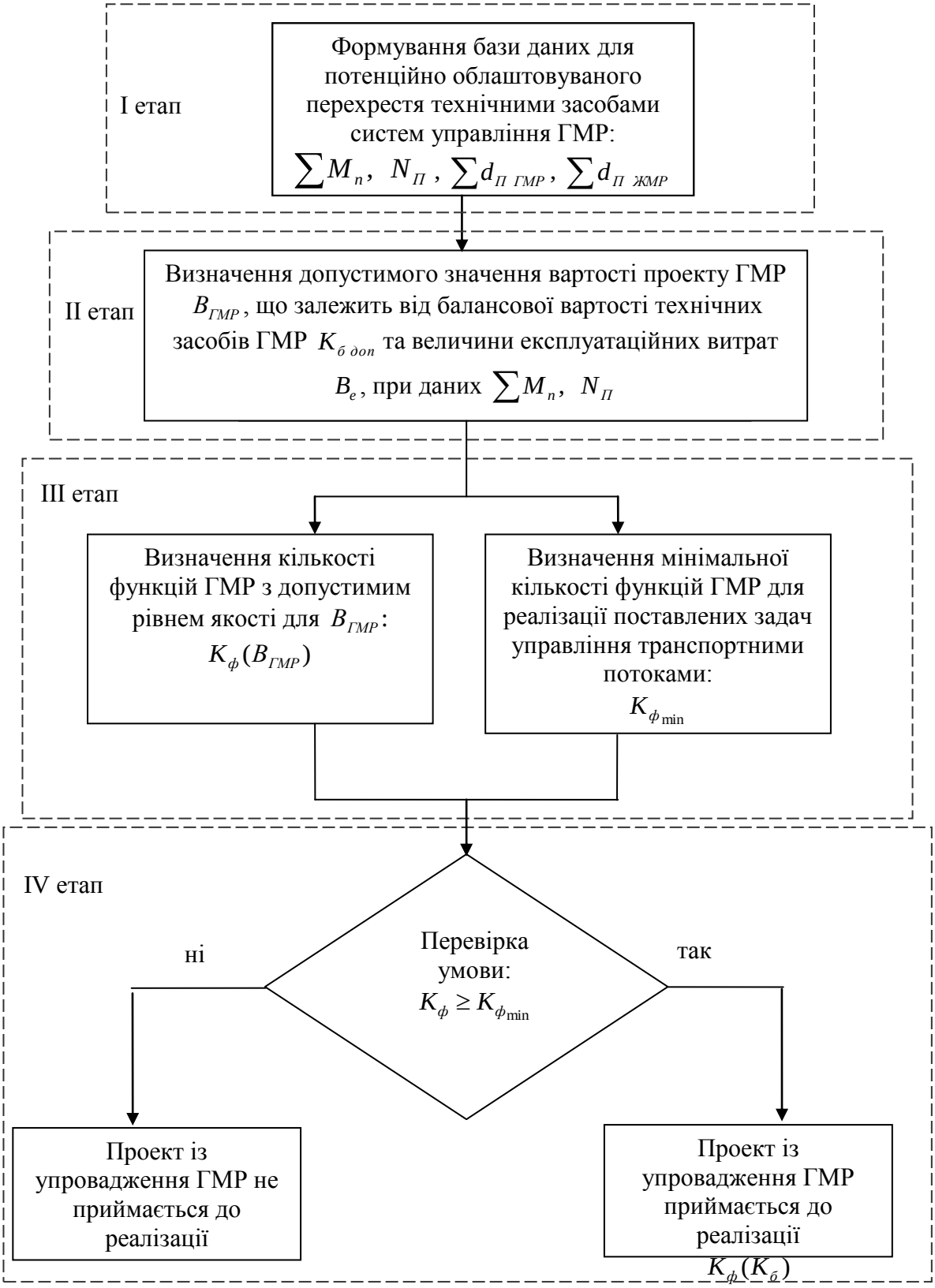
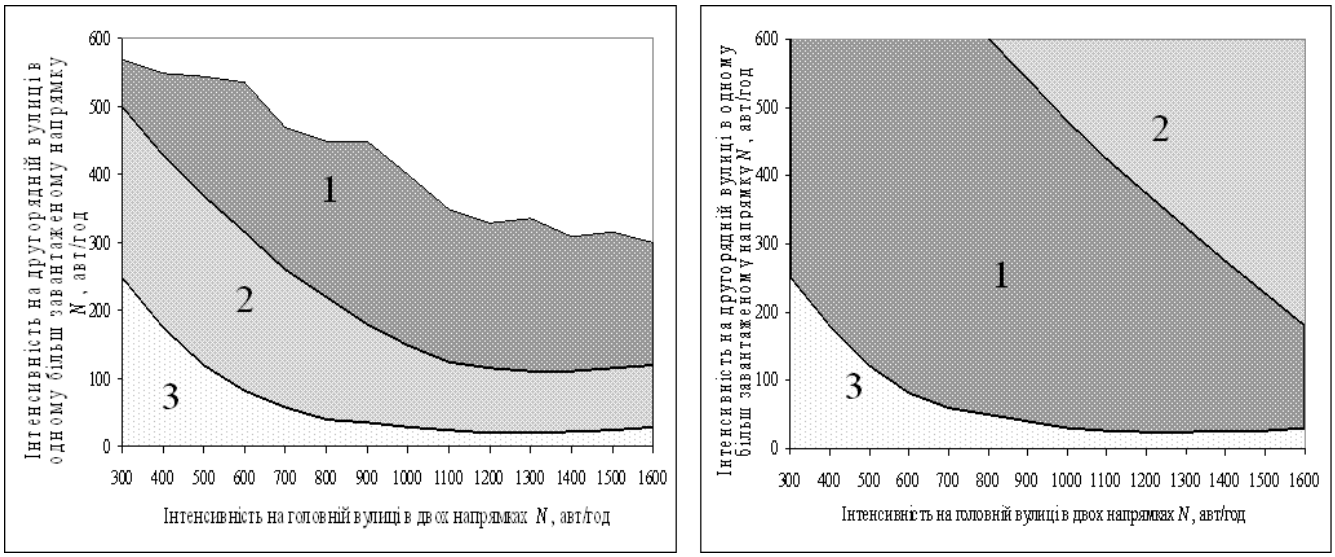


Рис. 4. **Методика прийняття рішення про впровадження проекту з використанням гнучких методів регулювання дорожнього руху на регульованому перехресті**

В результаті моделювання роботи світлофорного об’єкту з використанням адаптивних (гнучких) методів регулювання дорожнього руху та порівняння його техніко-економічних показників з

показниками функціонування того ж об'єкта за умов жорсткого світлофорного регулювання області доцільного впровадження технологій матимуть іншу послідовність. Рисунок 5 ілюструє зміну рекомендацій по впровадженню локальних методів регулювання [11, 12] з врахуванням нестаціонарної поведінки транспортних потоків.



а б

а – чинні рекомендації ; б – рекомендації, що пропонуються на базі даної роботи

Рис. 5 **– Області ефективного використання локальних методів регулювання по мінімальному завантаженню перехрестя протягом 8 годин з найбільш інтенсивним рухом транспорту**

1 – рекомендована область для гнучких методів регулювання;
2 – рекомендована область для жорстких методів регулювання;
3 – нерегульована область.
Кількість смуг на обох вулицях (1×1)

ВИСНОВКИ

У ході дослідження вирішені та обґрунтовані коректні діапазони ефективного застосування гнучких методів в умовах нестаціонарності параметрів транспортного потоку. Перспективним здається дослідження впливу інших умов, в яких функціонують новітні технології організації дорожнього руху, на техніко-економічні показники.

1. Наразі регулювання транспортних потоків на перехрестях вулично-дорожньої мережі здійснюється переважно жорсткими методами. Водночас на базі новітніх технологій є можливість здійснювати світлофорне регулювання з урахуванням рівня стаціонарності параметрів транспортного потоку. Питання поширення таких технологій гальмуються відсутністю модернізованих нормативів і критеріїв щодо їх ефективного функціонування.

2. Доведено, що коефіцієнт варіації інтенсивності v_N та коефіцієнт рівномірності надходження транспортних засобів f можуть використовуватися для оцінювання стаціонарності транспортних потоків. Встановлено характер залежностей $\alpha(v_N)$, $\alpha(f)$. При цьому рівень стаціонарності процесу $N(t)$ підвищується зі зростанням завантаження рухом Z. Результати регресійного аналізу вказують на досягнення коефіцієнтом стаціонарності значення критерію стаціонарності, тобто $\alpha = \alpha_{доп} = 0{,}05$, за умови, що $Z \to 1$.

3. Шляхом застосування спектрально-кореляційного аналізу для оцінювання дорожнього руху встановлено зв'язок між властивостями автокореляційної функції та параметрами ТП: коефіцієнтом

варіації інтенсивності v_N; коефіцієнтом рівномірності f; коефіцієнтом стаціонарності α; коефіцієнтом завантаження рухом Z.

4. Результати оцінювання процесу надходження транспортних засобів методами спектрально-кореляційного аналізу довели доцільність використання автокореляційної функції в якості характеристики швидкості зміни інтенсивності руху, а також при прогнозуванні її значення.

5. На базі запропонованого оцінювання рівня стаціонарності транспортних потоків методами спектрально-кореляційного аналізу розроблено методику визначення коректних діапазонів ефективного застосування гнучких методів регулювання на ізольованих перехрестях вулично-дорожньої мережі міст, що впроваджена в Центрі безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем при МВС України.

6. Проведений техніко-економічний аналіз доводить переваги і доцільність впровадження гнучких методів регулювання в окресленій області ефективного застосування світлофорної сигналізації. ЇЇ конфігурація та розширення на противагу показникам, наведеним у чинних нормативних документах, зумовлені зниженням вартості сучасної апаратури та новими принципами визначення доцільності впровадження гнучких методів світлофорного регулювання.

1. Брайловский Н.О. Управление движением транспортных средств / Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. – М. : Транспорт, 1975. – 112 с.
2. Гавриленко В.В. Решение задач аппроксимации средствами Excel / В.В. Гавриленко, Л.М. Парохненко // Компьютеры + программы – 2002. – № 12. – С. 42–47.
3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Дрю Д. – М. : Транспорт, 1972. – 323 с.
4. Єресов В.І. Ефективність застосуваня гнучких технологій світлофорного регулювання на перехрестях / В.І. Єресов, Л.С. Дідківська // Вісн. Донец. ін. автомоб. транспорту: наук. журн. − Д. : ПП «РВФ Молнія», 2009. 1. − С. 92–97.
5. Єресов В.І. Метод. вказ. до викон. курс. роб. з дисцип. «Автоматизовані системи управління дорожнім рухом» для студ. ден. форми навч. спец. «Організація і управління дорожнім рухом» / В.І. Єресов, О.Т. Лановий, О.О. Коляда. – К. : НТУ, 2008. – 40 с.
6. Кочерга В.Г. Оценка и прогнозирование параметров дорожного движения в интеллектуальных транспортных системах / В.Г. Кочерга, В.В. Зырянов. – Ростов-на-Дону: Узд-во. РГСУ, 2001. –130 с.
7. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения: учебное пособие для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерський. – М. : Транспорт, 1981. – 252 с.
8. Кузьменко И.Н. Применение теории случайных функций в геодезии / И.Н. Кузьменко, Ю.В. Полищук, Л.А. Шаповалові. – К. : Вища шк., 1980. – 144 с.
9. Михайленко В.И. Управление движением на автомобильных дорогах / В.И. Михайленко, Б.М. Четверухин. − К. : Урожай, 1991. − 200 с.
10. Печерский М.П. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / М.П. Печерский, Б.Г. Хорович. – М. : Транспорт, 1979. – 176 с.
11. Рекомендації з впровадження та оцінки ефективності роботи світлофорного регулювання дорожнього руху / ГУ РУ МВС України, 2005. – 56 с.
12. Руководство по проектированию и внедрению автоматизированных систем управления дорожным движением на базе АССУД / под общ. ред. Г.Я. Волошина. – М. : ВНИИБД МВД СССР, 1981. – 232 с.
13. Рэнкин В.У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : пер. с англ. / В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
14. Самойлов Д.С. Организация и безопасность городского движения : учебник для вузов. – [2-е изд., перераб. и доп. ил.] / Д.С. Самойлов, В.А. Юдин, П.В. Рушевский. – М. : Высш. шк. 1981. – 256 с.
15. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1984. – 287 с.
16. Системологія на транспорті. У 5 кн. / за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – Кн. IV : Організація дорожнього руху / [Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, О.Т. Лановий, В.П. Поліщук]. – К. : Знання України, 2006. – 451 с.
17. Четверухин Б.М. Прогнозирование состояния транспортных потоков / Б.М. Четверухин, В.И. Ересов // Автомобільні дороги та дорожнє будівництво. – 1984. – № 34. – С. 31–35.
18. Четверухин Б.М. Теоретические основы учета и управления движением на автомобильных дорогах / Б.М. Четверухин, В.И. Михайленко. – К., 1988. – 220 с. Деп. в УкрНИИНТИ 5.09.88, №3782.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014.

УДК 625.73

Є.В.Дорожко, В.М.Ряпухін
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУЖЕНЬ В ТОНКИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРАХ НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ

Виконано аналіз літературних даних та нормативних документів стосовно розрахунку температурних напружень в асфальтобетонних шарах на жорсткій основі та експлуатаційної поведінки таких конструкцій. Реалізовано уточнення визначення температурних напружень в асфальтобетонних шарах на жорсткій основі.

Ключові слова: *асфальтобетонний шар, цементобетонна плита, температурні деформації і напруження, функція релаксації.*

Форм 18. Літ 19.

Е.В.Дорожко,В.Н.Ряпухин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЯХ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ

Проведен анализ литературных данных и нормативных документов относительно расчета температурных напряжений в асфальтобетонных слоях на жестком основании и эксплуатационного поведения таких конструкций. Реализовано уточнение определения температурных напряжений в асфальтобетонных слоях на жестком основании.

Ключевые слова: *асфальтобетонный слой, цементобетонная плита, температурные деформации и напряжения, функция релаксации.*

E.Dorozhko, V.Ryapuhin

DETERMINATION OF TEMPERATURE STRESS IN THIN ASPHALT CONCRETE COVERINGS ON A RIGID BASE

Recently, thin layer asphalt carpet constructions on a rigid base are often used as at the reconstruction of highways as for new construction. Ensuring the reliability of such structures is not only important practical problem, but also a complex scientific problem.

The behavior of asphalt concrete layers on concrete slabs significantly different from other constructions. The purpose of thin layers of asphalt concrete rigid pavements calculation is to ensure the required reliability of road surface, pavement. To achieve this goal, a number of tasks aimed to testing and ensuring the strength and stability of thin layers of rigid pavements asphalt carpet was decided.

The article considers the scheme of the temperature structure of the combined deformation asphalt layer on a rigid base and determination of thermal stresses on the contact layer of asphalt concrete and hard ground. As the asphalt concrete layer and the cement concrete slab structurally represent one single (welded contact), so if the temperature changes they will have the same temperature deformations. Thermal stresses arise because of the temperature coefficients of linear expansion of asphalt concrete pavement and cement concrete slab are significantly different. A thin layer of asphalt concrete has an elastic modulus much less than the material of rigid base. It deforms together with cement concrete slab, almost without affecting the deformation of the last one.

Key words: *thin layer of asphalt concrete, rigid base, thermal stress, temperature deformation, relaxation function.*

Постановка проблеми

Одним з конструктивних рішень при капітальному ремонті і реконструкції жорстких дорожніх одягів, а також при новому будівництві жорстких основ є влаштування тонкошарового асфальтобетонного покриття, що дозволяє підвищити комфортність та безпеку руху транспортних засобів по дорозі, рівність та зчеплення, поліпшити санітарно-гігієнічні та екологічні вимоги: безпильність, зручність механічного прибирання, відведення поверхневих вод, тощо [1].

З вітчизняного досвіду експлуатації таких конструкцій, що підтверджується результатами проведеного візуального та інструментального обстеження стану дорожнього одягу на автомобільній дорозі Р-51 Харків-Красноград-Перещепіно після 5 років експлуатації [2, 3], відомо, що найбільш поширеними деформаціями і руйнуваннями асфальтобетонних покриттів є:

- розшарування (недостатнє зчеплення) асфальтобетонного шару і цементобетонної плити, що призводить до швидкого руйнування покриття;
- колійність (в основному на ділянках підйомів та спусків);
- випирання (зсув частини асфальтобетону у поперечному напрямку);

©Є.В.Дорожко, В.М.Ряпухін

- поперечні тріщини в зоні деформаційного шва (в основному у випадку влаштування деформаційного шва в асфальтобетоні не над поперечним швом між цементобетонними плитами).

Всі перераховані деформації і руйнування виникають завдяки дії двох головних факторів: температурних напружень при зміні температури навколишнього середовища і повторних динамічних навантажень від транспортних засобів.

Температурні напруження в асфальтобетонному шарі на жорсткій основі виникають, оскільки конструктивно асфальтобетонний шар і цементобетонна плита мають омонолічений контакт, і при зміні температури комбінованої плити температурні деформації в зоні контакту шарів, незалежно від матеріалу шарів, будуть єдині. В той же час температурні коефіцієнти лінійного розширення асфальтобетону і цементобетонну значно відрізняються [4, 5, 6]. Шар асфальтобетону має модуль пружності значно менший ніж матеріал жорсткої основи, тому він деформується разом з цементобетонною плитою, майже не впливаючи на деформацію останньої, та має нереалізовану температурну деформацію, що викликає температурні напруження.

Тож для розрахунку напружено-деформованого стану асфальтобетонних шарів на жорсткій основі та подальшої оцінки їх міцності необхідно визначити величину виникаючих температурних напружень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проаналізовані літературні дані та нормативні документи стосовно розрахунку асфальтобетонних шарів на жорсткій основі та безпосередньо визначенню температурних напружень в асфальтобетонних шарах [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] недостатньо враховують вплив зміни температури на виникаючі температурні напруження.

По перше: розрахунок температурних напружень в асфальтобетонних шарах виконують лише для режиму охолодження конструкції, тобто аналізу температурної тріщиностійкості при крихкому стані матеріалу. Але температурні напруження виникають також і при нагріві конструкції, отже ніяк не враховується деформації і руйнування притаманні для пластичного стану матеріалу (розшарування, колійність, зсуви, випирання).

При цьому температурні напруження поєднуючись з напруженнями від зовнішнього навантаження можуть призвести до пластичних деформацій та руйнувань, оскільки при високих експлуатаційних температурах зменшуються міцність асфальтобетонного шару та міцність між шарового зчеплення асфальтобетону та цементобетону. До того ж температурний коефіцієнт лінійного розширення асфальтобетону різний для режиму нагріву та охолодження, що також варто враховувати [6].

По друге: розрахунок температурних напружень в асфальтобетонних шарах заснований на врахуванні лише відмінності коефіцієнтів температурного розширення матеріалів асфальтобетону і цементобетонну, але не враховує вплив напружень від жолоблення цементобетонної плити і сил тертя-зчеплення плити по основі.

За останні роки завдяки багатьом дослідженням, проведеним на основі теорії термов'язкопружності [15, 16, 17, 18, 19], створено наукову базу для аналізу термореологічних властивостей асфальтобетону з врахуванням зміни температури. Це дозволило більш об'єктивно визначити основні закономірності реологічної поведінки асфальтобетону із врахуванням зміни температури, які варто враховувати при розрахунках температурних напружень, оскільки температурні напруження, на відміну від транспортних діють значний проміжок часу.

Основні результати дослідження

Температурне деформування спостерігається на протязі тривалого часу. За цей час змінюються температура і властивості асфальтобетону, тому виникає необхідність при розрахунку температурних напружень врахування функції релаксації напружень. Релаксація напружень це процес зменшення напружень в матеріалі, величина деформації в якому підтримується постійною. Процес релаксації полягає у розвитку в'язко-пружної деформації і «переродженні» пружною деформації в пластичну. Хоча досягнута деформація не змінюється, але внутрішня течія послаблює напругу, таким чином, що з часом потрібно все менше і менше зусилля для підтримки зразка в деформованому стані. Деформація, викликана первинною напругою після релаксації, перетворюється в залишкову, яка вже не вимагає такої

інтенсивності внутрішніх зусиль для того, щоб підтримати цю деформацію. Основним для характеристики процесу релаксації є час, протягом якого напруга спадає на певну величину.

Для визначення напружень від температурних деформацій необхідно знати характер функції релаксації для кожного типу асфальтобетону при певній температурі. По суті функція релаксації є модуль пружності асфальтобетону у певний момент часу від початку температурного деформування для заданої температури. Функція релаксації має певні граничні умови: при $t = 0$, $R(t) = E_o$ (E_o – миттєвий модуль пружності), при $t = \infty$, $R(t) = E_\infty$, (E_∞ – довготривалий модуль пружності) [15, 19].

Температурне розширення (або стискання) асфальтобетонного шару і цементобетонної плити залежать від коефіцієнтів теплодеформативності (ТКЛР) цих матеріалів і градієнтів температур, при цьому ТКЛР асфальтобетону у декілька разів більше ніж цементобетонну.

Для прийнятої умови омоноліченого контакту асфальтобетонного шару і цементобетонної плити, при зміні температури такої комбінованої плити, температурні деформації на стику шарів, незалежно від матеріалу шарів, коефіцієнтів теплодеформативності шарів та градієнту температур, будуть однакові. При цьому асфальтобетонний шар має меншу товщину і значно менший модуль пружності ніж цементобетонна плита, тому асфальтобетонний шар вимушений деформуватися так як цементобетонна плита в основі. Тому при зміні температури комбінованої плити в асфальтобетонному шарі виникають вимушені (нереалізовані) деформації та відповідні температурні напруження.

Незважаючи на рівність температурних деформацій, напруження по низу асфальтобетонного шару і по верху цементобетонної плити будуть відрізнятися, тому що модулі пружності та реологічні властивості асфальтобетону і цементобетонну значно відрізняються.

Температурні деформації та відповідні напруження пропонується визначати за основними законами термодинаміки (теорії теплоти) та відповідних залежностей теорії пружності між деформаціями та напруженнями.

Температурні напруження в асфальтобетонному шарі необхідно визначати за величиною нереалізованої температурної деформації:

$$\sigma_{аб} = \frac{\varepsilon_{аб}^{н} \cdot R_{аб}^{t}}{(1 - \mu_{аб}^{t})} \qquad (1)$$

де: $\sigma_{аб}$ – температурні напруження в асфальтобетонному шарі, МПа;

$\varepsilon_{аб}^{н}$ – нереалізована температурна деформація асфальтобетонного шару;

$R_{аб}^{t}$ – функція релаксації асфальтобетону при температурі (t), МПа;

$\mu_{аб}^{t}$ – коефіцієнт Пуассону асфальтобетону при температурі (t).

Нереалізована температурна деформація асфальтобетонного шару дорівнює різниці між деформацією при вільному подовженні (вільний контакт асфальтобетонного шару та цементобетонної плити) та фактичної деформації:

$$\varepsilon_{аб}^{н} = \varepsilon_{аб}^{в} - \varepsilon_{аб}^{ф} \qquad (2)$$

де: $\varepsilon_{аб}^{в}$ – відносна температурна деформація асфальтобетонного шару при умові вільного контакту асфальтобетонного шару та цементобетонної плити;

$\varepsilon_{аб}^{ф}$ – фактична відносна температурна деформація асфальтобетонного шару (при умові омоноліченого контакту асфальтобетонного шару та цементобетонної плити);

При умові вільного контакту асфальтобетонного шару з цементобетонною плитою відносна деформація асфальтобетонного шару дорівнює:

$$\varepsilon_{аб}^{в} = \alpha_{аб} \cdot \Delta t_{аб}^{ср} \qquad (3)$$

де: $\alpha_{аб}$ – ТКЛР асфальтобетону, $^oC^{-1}$;

$\Delta t_{аб}^{ср}$ – зміна температури в середині асфальтобетонного шару, ºС.

Якщо температура в асфальтобетонному шарі розподіляється за прямолінійним законом, що найбільш характерно для тонких асфальтобетонних шарів [4], то формула (3) матиме вигляд:

$$\varepsilon_{аб}^{в} = \alpha_{аб} \cdot \left(\frac{\Delta t_{аб}^{в} + \Delta t_{аб}^{н}}{2} \right) \tag{4}$$

де: $\Delta t_{аб}^{в}$ – температурний градієнт (зміна температури) верха асфальтобетонного шару, ºС;

$\Delta t_{аб}^{н}$ – температурний градієнт (зміна температури) по низу асфальтобетонного шару, ºС.

Оскільки, для прийнятої умови омоноліченого контакту шарів, лінійна температурна деформація асфальтобетонного шару і цементобетонної плити буде однакова, то визначити фактичну відносну температурну деформацію асфальтобетонного шару можна за деформацією цементобетонної плити:

$$\varepsilon_{аб}^{ф} = \varepsilon_{цб}^{ф} \tag{5}$$

де: $\varepsilon_{цб}^{ф}$ – фактична відносна температурна деформація цементобетонного шару.

При зміні температури цементобетонна плита внаслідок її монолітності матиме фактичну зміну лінійних розмірів по всій товщині плити однакову [4, 14], тоді відносна деформація цементобетонної плити дорівнює:

$$\varepsilon_{цб}^{в} = \alpha_{цб} \cdot \Delta t_{цб}^{ср} \tag{6}$$

Якщо температура розподіляється в плиті за законом однієї гілки параболи, що найбільш характерно [4], то:

$$\varepsilon_{цб}^{в} = \alpha_{цб} \cdot \left[\Delta t_{цб}^{ср^*} + \frac{1}{3} \left(\Delta t_{цб}^{в} - \Delta t_{цб}^{ср^*} \right) \right] \tag{7}$$

$$\Delta t_{цб}^{ср^*} = \frac{\Delta t_{цб}^{в} + \Delta t_{цб}^{н}}{2} \tag{8}$$

де: $\Delta t_{цб}^{в}$ – температурний градієнт (зміна температури) верха цементобетонної плити, ºС;

$\Delta t_{цб}^{н}$ – температурний градієнт (зміна температури) по низу цементобетонної плити, ºС.

Це та відносна деформація, яка буде при вільному сковзанні плити по основі та без врахування напружень, що виникають при жолобленні плити.

При переміщенні нижньої поверхні плити по основі виникає сила тертя-зчеплення, яка заважає вільному подовженню плити (вільному температурному деформуванню плити). Середнє значення тертя в плиті [4]:

$$\tau = \rho \cdot f + 0{,}5 \cdot C \tag{9}$$

де: ρ – питомий тиск на підошві плиті, від ваги комбінованої плити та розрахункового автомобіля, МПа;

f – коефіцієнт тертя між цементобетонною плитою та основою;

C – коефіцієнт зчеплення цементобетонної плити та основи.

Ці сили стримують переміщення цементобетонних плит на величину [4]:

$$\varepsilon_{цб}^{тр} = \frac{\tau \cdot (1 - \mu_{цб})}{E_{цб}} = \frac{(\rho \cdot f + 0{,}5 \cdot C) \cdot (1 - \mu_{цб})}{E_{цб}} \quad (10)$$

де: $\varepsilon_{цб}^{тр}$ – величина відносної деформації цементобетонної плити, на яку затримається вільна деформація за рахунок сил тертя-зчеплення на підошві плити;

$\mu_{цб}$ – коефіцієнт Пуассона цементобетону;

$E_{цб}$ – модуль пружності цементобетону, МПа;

Від позацентрового прикладання навантаження тертя-зчеплення на підошві плит виникає напруга розтягування або стиснення в верхній площині цементобетонної плити (при підвищенні температури будуть напруження розтягування, при зниженні температури – стиснення). Ці напруження збільшують величину вільного температурного деформування поверхні цементобетонної плити (при нагрів конструкції збільшують деформації розтягу, при охолодженні збільшують деформації стиску).

Згідно з [4] напруження від позацентрового прикладення сил тертя-зчеплення на поверхні плити:

$$\sigma_{цб}^{пц} = \frac{2 \cdot P_{опор}}{B_{цб} \cdot h_{цб}} \quad (11)$$

$$P_{опор} = \frac{B \cdot L \cdot \tau}{2} \quad (12)$$

де: $P_{опор}$ – навантаження тертя-зчеплення, МПа;

$B_{цб}$ – ширина цементобетонної плити, м;

$h_{цб}$ – товщина цементобетонної плити, м;

τ – середнє значення тертя по низу цементобетонної плити, МПа;

L – довжина цементобетонної плити, м.

З урахуванням формули (11) та (12) знайдемо величину на яку збільшаться, відносні деформації верхньої площини цементобетонної плити від позацентрового прикладення сил тертя-зчеплення:

$$\varepsilon_{цб}^{пц} = \frac{L \cdot (\rho \cdot f + 0{,}5 \cdot C) \cdot (1 - \mu_{цб})}{h_{цб} \cdot E_{цб}} \quad (13)$$

Перепад температури по товщині цементобетонної плити приводить до появи напружень жолоблення. Ці напруження також змінюють характер температурного деформування цементобетонної плити, оскільки на цементобетонну плиту діють додаткові об'ємні сили жолоблення плити. Дія цих об'ємних сил обумовлена температурним перепадом верха та низу плити та обмеженням жолоблення плити за рахунок власної ваги. Якщо температура верха цементобетонної плити більше температури низу, то у верхній зоні плити з'являється напруження стиску, за рахунок обмеження величини жолоблення від ваги плити. Якщо температура верха плити менше температури низу – навпаки напруження стиску. Ці напруження зменшать величину вільного температурного деформування поверхні цементобетонної плити (при нагрів конструкції зменшують деформації розтягу, при охолодженні зменшують деформації стиску).

Розподіл температури в плиті приймемо за законом однієї гілки параболи. В своїй роботі Л.І. Горецький [4] отримав для плит наступні значення напружень на поверхні цементобетонної плити:

$$\sigma_{цб}^{ж} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha_{цб} \cdot E_{цб}}{(1 - \mu_{цб})} \cdot (t_{цб}^{в} - t_{цб}^{н}) \cdot m \quad (14)$$

де: $\alpha_{цб}$ – ТКЛР цементобетонну, $^oC^{-1}$;

$E_{цб}$ – модуль пружності цементобетону, МПа;

$\mu_{цб}$ – коефіцієнт Пуассона цементобетону;

$t^{в}_{цб}$ – температура вверху цементобетонної плити, ^oC;

$t^{н}_{цб}$ – температура низу цементобетонної плити, ^oC;

m – коефіцієнт міри напруженості ($0 < m < 1$).

$$m = 117{,}5 \cdot \frac{L^2}{E_{цб} \cdot h_{цб} \cdot t_п} \tag{15}$$

де: L – довжина плити, см;

$E_{цб}$ – модуль пружності цементобетону, МПа;

$h_{цб}$ – товщина цементобетонної плити, см;

$t_п$ – температурний перепад, ^oC.

Якщо за розрахунком $m > 1$, це свідчить про повну затримку деформації жолоблення (при $m > 1$ у формулу (14) необхідно підставляти $m = 1$).

Температурні напруження жолоблення позначаться на загальній величині відносних деформацій верхньої площини плити, які можна знайти згідно з [4]:

$$\varepsilon^{ж}_{цб} = \frac{2}{3} \cdot \alpha_{цб} \cdot \left(t^{в}_{цб} - t^{н}_{цб}\right) \cdot m \tag{16}$$

Підсумкове фактичне температурне деформування поверхні цементобетонної плити з врахуванням дії сил тертя-зчеплення по підошві плити та напружень жолоблення:

$$\varepsilon^{ф}_{цб} = \varepsilon^{в}_{цб} - \varepsilon^{тр}_{цб} + \varepsilon^{пц}_{цб} - \varepsilon^{ж}_{цб} \tag{17}$$

Температурні напруження в асфальтобетонному шарі на жорсткій основі, з врахуванням вище викладеного пропонується розраховувати за наступною формулою:

$$\sigma_{аб} = \frac{R^{t}_{аб}}{(1-\mu^{t}_{аб})} \cdot \left[\alpha_{аб} \cdot \left(\frac{\Delta t^{в}_{аб} + \Delta t^{н}_{аб}}{2} \right) - \left(\left(\alpha_{цб} \cdot \left[\Delta t^{ср^*}_{цб} + \frac{1}{3} \left(\Delta t^{в}_{цб} - \Delta t^{ср^*}_{цб} \right) \right] \right) - \left(\frac{(\rho \cdot f + 0{,}5 \cdot C) \cdot (1-\mu_{цб})}{E_{цб}} \right) + \right. \right.$$
$$\left. \left. + \left(\frac{L \cdot (\rho \cdot f + 0{,}5 \cdot C) \cdot (1-\mu_{цб})}{h_{цб} \cdot E_{цб}} \right) - \left(\frac{2}{3} \cdot \alpha_{цб} \cdot \left(t^{в}_{цб} - t^{н}_{цб}\right) \cdot m \right) \right) \right] \tag{18}$$

Висновки

1. Температурні напруження в асфальтобетонних шарах на жорсткій основі виникають як при нагріві, так і при охолодженні конструкції, тож і оцінку міцності таких конструкцій варто виконувати для режиму нагріву та режиму охолодження.

2. Оскільки ТКЛР асфальтобетону відрізняється для режиму нагріву та охолодження [6], при розрахунку вільної температурної деформації асфальтобетону варто враховувати нагрівається чи охолоджується конструкція.

3. Дія сил тертя-зчеплення по підошві плити та напружень жолоблення змінюють вільне деформування цементобетонної плити, що позначається на температурному деформуванні асфальтобетонного шару і відповідних температурних напружень та варто враховувати при розрахунку.

1. ВБН В.2.3–218–532:2007 Влаштування тонкошарових покриттів на автомобільних дорогах державного значення.

©Є.В.Дорожко, В.М.Ряпухін

2. Капітальний ремонт автомобільної дороги Харків-Красноград-Перещепине на ділянці км 11+000 – км 74+800: Робочий проект– 3418-3427. – Харків: Харківдіпрошлях, 2006.
3. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести дослідження та розробити конструкції дорожніх одягів з асфальтобетонними шарами армованими геосинтетичними сітками». Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ») Київ 2013.
4. Горецкий Л.И. Теория и расчет цементобетонних покритий на температурне воздействия / Л.И. Горецкий – М.: Транспорт, 1965. – 284 с.
5. Богуславский, А. М. О деформативной способности асфальтобетона при охлаждении Текст. / А. М. Богуславский // Труды ХАДИ, вып.26. -Харьков, 1961. – С. 81-90.
6. Ряпухін В.М., Дорожко Є.В. Експериментальне визначення чисельного значення температурного коефіцієнта лінійного розширення асфальтобетону. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, НТУ. – 2013. - №89. – С. 61-71.
7. ВСН 197-91 Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд / Минтрансстрой СССР. М., 1992 – 83 с.
8. ТКП 45-3.03-244-2011 (02250) Автомобильные дороги. Дорожные одежды жесткого типа. Минск 2012.
9. Афиногенов О.П. Проектирование жестких дорожных одежд / О.П. Афиногенов. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004. – 227 с.
10. ВБН В.2.3-218-008-97 Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів.
11. Чернигов В.А., Субботина И.В. Расчет конструкций асфальтобетонных покрытий на бетонных основаниях по двум придельным состояниям. – Труды Союздорнии: Вып. 47. М., 1971. – С. 171-189.
12. Рекомендации по назначению толщины асфальтобетонных покрытий с добавками резиновой крошки на жестких основаниях. Научно-производственное объединение "Дорстройтехника". Минск 1990.
13. Гладких А.С. Снижение температурных напряжений в асфальтобетонных покрытиях жестких дорожных одежд за счет регулирования деформативных свойств материала основания: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» / А.С. Гладких. – Москва, 2010. – 24 с.
14. Баловнева И.И. Повышение трещиностойкости асфальтобетона при усилении аэродромных покрытий/ И.И. Баловнева, Ю.П. Волков// Труды государственного проектно – изыскательского и научно – исследовательского института (Аэропроект). Выпуск №18.- Москва, 1975.- с.46.
15. Іщенко О. М. Розробка методики розрахунку на температурну тріщиностійкість асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг: дис. … кандидата техн. наук: 05.22.11 / Іщенко Олексій Максимович. – К., 2003.– 180 с.
16. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис.... доктора техн. наук: 05.22.11 / Мозговой Владимир Васильевич – К., 1986.– 330 с.
17. Богуславский А.М. Дорожные асфальтобетонные покрытия / А.М. Богуславский. – М.: Высшая школа, 1972. – 199 с.
18. Мозговий В. В., Шевчук 0.0. Залежність термо-в'язко-пружніх характеристик асфальтобетону від його складу // Вісник транспортної академії України та Українського транспортного університету. – 1999.- №3.
19. Телтаев Б.Б. Анализ расчетных значений модуля упругости асфальтобетонов // Дорожная техника. 2010. – С. 130-137.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014.

©Є.В.Дорожко, В.М.Ряпухін

УДК 625.7

С.Я.Дробишинець
Луцький національний технічний університет

ГЕОТЕКСТИЛЬ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ, ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ

В статті наведено класифікацію, основні функції геосинтетичних матеріалів та їх основні показники. Описано можливість використання геосинтетичних матеріалів у дорожньому будівництві. Наведено основні переваги та недоліки геосинтетичних матеріалів. Описано основні властивості геотекстилю. Наведено області застосування геосинтетичних матеріалів.

Ключові слова*: геосинтетика, геосітки, геотекстиль, георешітки, геомембрани.*

Рис 5. Літ 5.

С.Я. Дробышинец

ГЕОТЕКСТИЛЬ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье приведена классификация, основные функции геосинтетических материалов и их основные показатели. Описаны возможности использования геосинтетических материалов в дорожном строительстве. Приведены основные преимущества и недостатки геосинтетических материалов. Описаны основные свойства геотекстиля. Приведены области применения геосинтетических материалов.

Ключевые слова: *геосинтетика, геосетки, геотекстиль, георешетки, геомембраны.*

S. Drobyshynets

GEOTEXTILES IN ROAD CONSTRUCTION, THE WAYS OF USING

In today's widespread use of innovative materials and technologies dictated by the intensive development of society and its infrastructure. They put forward higher requirements as to materials that can be used in different spheres of life. New technologies to strengthen soil today all come in wider practice of transport and civil engineering. Strengthening of weak bases subgrade, pavement strengthening, construction of embankments with increased steepness of slopes, construction of retaining walls - all these problems are easily solved by modern reinforcing materials. Most suitable for soil reinforcement are geosynthetic materials due to its unique properties: high strength, resistance to low temperatures and aggressive action of environment, not prone to corrosion and decay, low creep.

The article describes the classification, the basic functions of geosynthetics and their main characteristics. In the article presents the ways of using of geosynthetics in road construction. Describes the basic advantages and disadvantages of geosynthetics, the basic properties of geotextiles. Shows the application of geosynthetics.

Keywords*: geosynthetics, geonettings, geotextiles, geogrids, geomembranes.*

У сучасних умовах широке застосування інноваційних матеріалів та технологій продиктоване інтенсивним розвитком суспільства і його інфраструктури. До них висуваються підвищені вимоги, як до матеріалів, що можуть використовуватися в різних сферах життєдіяльності. Нині жодне будівництво або робота на землі, з ґрунтом, не може обійтися без використання геосинтетичних матеріалів, тому застосування таких матеріалів стає ще більш актуальнішим.

Нові технології зміцнення ґрунтів сьогодні усе ширше входять у практику транспортного і цивільного будівництва. Зміцнення слабких основ земляного полотна, посилення дорожнього одягу, зведення насипів з укосами підвищеної крутості, будівництво армогрунтових підпірних стін - усі ці задачі легко вирішуються за допомогою сучасних армуючих матеріалів.

Армування має на увазі використання в ґрунтових конструкціях спеціальних елементів, що дозволяють поліпшити механічні властивості ґрунту. Працюючи в контакті з ґрунтом, армуючі елементи перерозподіляють навантаження між ділянками конструкції, забезпечуючи передачу напружень з перевантажених зон на сусідні недовантажені. Ці елементи можуть бути виготовлені з різних матеріалів працюючих на розтягнення: метал, залізобетон, структури зі скляних чи полімерних волокон тощо.

Найбільш придатними для армування ґрунтів є геосинтетичні матеріали, завдяки своїм унікальним властивостям: висока міцність, стійкість до низьких температур і агресивної дії середовища, несхильність до корозії і гниття, низька повзучість (старіння).

Геосинтетичні матеріали в Європі застосовуються вже кілька десятиліть, зробивши практично революцію в дорожньому, цивільному і спеціальному будівництві. Економічна ефективність і широка область застосування геосинтетиків, в т.ч. в областях, де вони практично незамінні, дозволяють говорити про них як вельми перспективний матеріал. Використання

©С.Я.Дробишинець

геосинтетики в дорожньому будівництві вже має свою історію, хоча і не дуже тривалу. За кордоном геосинтетики у вигляді геотекстилей застосовують з кінця 60-х років.

В даний час в світі випускається приблизно 380 різних видів геосинтетичних матеріалів. Застосування геосинтетики передбачається в проектах більше 100 тисяч різних споруд щорічно у всьому світі.

Причини цього засновані на двох основних факторах: економічний - застосування геосинтетичних матеріалів дозволяє істотно знизити капіталовкладення при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг; екологічний - використання геосинтетичних матеріалів сприятливе для навколишнього середовища (зменшується витрата природних матеріалів, знижуються обсяги підготовчих геотехнічних робіт і т.д .).

Актуальність впровадження інноваційних технологій в дорожньому будівництві і природоохоронних заходах на території СНД сьогодні очевидна і безперечна. Це і континентальний характер клімату окремих регіонів з великим перепадом температур, і наявність територій зі складними геологічними умовами, і сам стан доріг, більшість з яких було побудовано 40-60 років тому і розраховано на більш низькі навантаження та інтенсивність руху. Проблема підвищення зсувостійкість і тріщиностійкості, а отже, довговічності асфальтобетонних покриттів є особливо актуальною при все зростаючій інтенсивності руху та тенденції, що намітилася, а саме зростання осьових навантажень на автомобільних дорогах і міських вулицях. У складі мережі автомобільних доріг переважна частина здатна пропускати лише відносно легкі автомобілі з навантаженням на вісь не більше 6 тс. У той же час автомобільна промисловість розвиває виробництво важких машин з навантаженням на вісь до 10 тс. У потоці руху нерідко зустрічаються ще більш важкі автомобілі. Зросла й інтенсивність транспортного потоку, що досягає на деяких ділянках 45-50 тис. автомобілів на добу при розрахунковій нормі 6 тис. одиниць. В результаті несуча здатність дорожнього одягу багатьох автомобільних доріг вичерпана. Звідси виникає необхідність у частих ремонтах.

І, нарешті, умови ринкової економіки та економічної самостійності змушують рахувати гроші і будівельників. Наприклад, застосування геосіток для армування асфальтобетону дає можливість знижувати товщину останнього до 20%.

Геосинтетики - матеріали, використовувані в контакті з ґрунтом, у яких як мінімум одна зі складових частин виготовлена з якого-небудь полімеру і призначені для різних цілей, у тому числі: армування ґрунтів, створення гідроізоляції чи дренажу в ґрунті, протиерозійний захист схилів тощо.

Армований ґрунт - композиційний матеріал, у якому скомбіновані характерні позитивні властивості двох різних матеріалів (ґрунту і геосинтетичного матеріалу), що дозволяє значно збільшити величини загальних характеристик цього матеріалу.

Згідно з [1]: "Геосинтетик (geosynthetic) - загальний термін, що характеризує матеріал, хоча б один з компонентів якого виготовлений з синтетичного або натурального полімеру у вигляді полотнища, смужки або тримірної структури, що використовується в контакті з ґрунтом та (або) іншими матеріалами, який використовують у геотехнічних і цивільних будівельних спорудах". Також дано визначення іншим матеріалам, зокрема:

Геоґрати (geogrid) - плоска полімерна структура у вигляді регулярної ґратки, виготовлена з'єднуванням (екструзією, спаюванням чи сплетенням) в одне ціле тривких до розтягування елементів, розмір отворів якої більший за розмір елементів (рис.1). Використовують як армуючий прошарок в зернистих і монолітних матеріалах.

Геотекстиль (geotextile) - плоский проникний полімерний (синтетичний чи природній) матеріал, який може бути тканинним, нетканинним чи трикотажним, який використовують в контакті з ґрунтом або іншими матеріалами у геотехнічних і цивільно-будівельних спорудах (рис.2).

Синтетичні полімери додають геосинтетикам специфічні для полімерів позитивні властивості:

- водо- і морозостійкість;
- універсальна корозійна стійкість;
- мала вага (щільність полімерів близько 1 г/см3);
- висока міцність на розтягування.

У дорожньому будівництві геосинтетичні матеріали використовують для підвищення стійкості і довговічності дорожньої конструкції як в процесі нового будівництва, так і під час реконструкції і капітальних ремонтів, з яких створюють армуючі, дренуючі і захисні прошарки.

Згідно з [1] геосинтетики виконують сім основних функцій в конструкції:

Розділяння - геосинтетичне полотно розділяє два різнозернистих шари, завдяки чому забезпечується проектна товщина конструктивних шарів й цілісність конструкції.

Фільтрування - геосинтетик працює подібно до фільтру пропускаючи воду і затримуючи захоплені фільтраційним потоком ґрунтові частинки від виносу.

Дренування - геосинтетик працює як дрена для транспортування водного потоку в ґрунтах малої водопроникності.

Армування - геосинтетик працює як армуючий елемент в межах ґрунтової товщі чи в комбінації з зернистим або монолітним матеріалом.

Захищання - геосинтетик використовується як амортизуючий шар між конструктивними шарами для запобігання їх пошкодженню.

Ізолювання - геосинтетик працює як відносно непроникний бар'єр для рідин і газів.

Протиерозійний захист - геосинтетик використовують для зниження ерозії ґрунту від атмосферних опадів, водної і вітрової ерозії.

Геосинтетичні матеріали прості у використанні, їх укладання в конструкцію здійснюються розповсюдженими в будівництві машинами і механізмами, мають високу довговічність, компактні при транспортуванні.

Якісні і хіміко-фізичні характеристики геосинтетиків обумовлені властивостями полімерів, застосовуваних для їх виробництва. Так, такі якості, як водо-і морозостійкість, стійкість до корозії, мала вага, висока міцність на розтяг - "заслуга" полімерів, В той же час, недоліки полімерів (швидке старіння під впливом УФ-випромінювання, падіння міцності при температурі + 80 - 120°С, горючість) нівелюються специфікою застосування ГС. Матеріали використовують в конструкціях, переважну частину обсягу яких складають грунти або сипучі гірські породи, що захищають полімери від світлових і температурних впливів.

Додатково використання геосинтетики дозволяє:

- підвищити довговічність конструкцій земляного полотна і дорожніх одягів;
- підвищити якість робіт;
- зменшити обсяги переробок (додаткових робіт);
- підвищити культуру виробництва.

Геосітки ССНП застосовуються при будівництві або ремонті жорстких дорожніх одягів з асфальтобетонним покриттям (рис.1). Застосування геосіток в дорожньому будівництві дозволяє вирішити ряд існуючих проблем, таких як стабілізація слабких грунтів, спорудження тимчасових доріг, забезпечення місцевої стійкості укосів і схилів.



Рис. 1. **Геосітка.**

Геосітка скляна марки ССНП-34БТ виробництва ВАТ "Склонитка" являє собою сітку з двох шарів ровінгу, скріплених між собою прошивною ниткою і просочену сполучним складом для підвищення міцності і адгезії до асфальтобетону. Розглянемо механізм взаємодії геосітки марки ССНП і асфальтобетонного шару. Асфальтобетон є ідеальним матеріалом для влаштування покриттів нежорсткого типу, так як завдяки високій в'язкості в'яжучого і шорсткості зерен заповнювача він володіє високим опором до короткочасних навантажень.

Проведені випробування зразків - балочок, виготовлених з двошарового асфальтобетону (верхній шар товщиною 3 см, нижній шар - 4,5 см), армованих дорожньою сіткою, розташованої між шарами асфальтобетону, і контрольних - неармованих - показали, що армування асфальтобетону сіткою марки ССНП незначно збільшує граничне зусилля і відносну деформацію на вигин. Однак також було виявлено, що для руйнування зразків асфальтобетону з дорожньою сіткою вимагається в 2,85 рази більше енергетичних витрат, а, отже, у стільки ж разів сповільнюється швидкість утворення тріщин в асфальтобетоні. Таким чином, сітка ССНП підвищує пружні властивості асфальтобетону, збільшує його розподільчу здатність, в результаті чого напруження від коліс автомобіля розподіляються на більшу площу, що сприяє

зменшенню концентрації напружень і, отже, уповільнює процес утворення тріщин. Крім того, сітка посилює опірність розриву дорожнього полотна, що важливо для регіонів з жорсткими кліматичними умовами.

За своїми експлуатаційними характеристиками дорожні сітки можуть значно підвищити транспортно-експлуатаційні показники покриттів, збільшити міжремонтні терміни, а в цілому вивільнити матеріальні засоби на інші види робіт та об'єкти.

Геотекстиль Стабітекс (геотканина) - являє собою ткане полотно з високоміцних поліамідних ниток (рис.2.а). Застосовується для будівництва насипів підвищеної крутизни із сипучих матеріалів зведення підпірних стін; захисту територій від зсувних явищ; поділу грунтових шарів; зміцнення основ автомобільних та залізничних доріг, стабілізації слабких грунтів. Геотекстиль підвищеної міцності Стабітекс є аналогом наступних матеріалів: геолон (geolon), поліфелт (polyfelt), тайпар (typar), кортекс (kortex).

а) б) в)



Рис. 2. **Різновиди геотекстилю.**
а - геотекстиль (геотканина); б,в – види геотекстилю (дорніт).

Геотекстиль (дорніт) - геосинтетичний матеріал, являє собою голкопробивне неткане полотно виготовлене з поліефірних волокон (рис.2.б,в). Чудові фізико-механічні характеристики геотекстилю дорніт, а також масовість його використання в самих різних галузях, дозволяють стверджувати, що геотекстиль дорніт лідер серед геосинтетиків по діапазону застосування як в будівництві так і в побуті.

Застосування геотекстилю дорніт:

- геотекстиль використовується як розділяючий шар (фільтр) між грунтом і заповнювачем (пісок, щебінь тощо);
- перешкоджає проникненню частинок грунту в дренажні системи (дренаж підвалів, плоских дахів);
- при будівництві тунелів геотекстиль захищає ізоляційне покриття від пошкоджень, утворює дренажний шар, відводить грунтову і зливову воду до дренажу;
- геотекстиль дорніт виконує функції фільтру під береговим зміцненням;
- геотекстиль з високою щільністю може використовуватися в якості армуючого шару на слабонесучих грунтах;
- використовується для зміцнення дна відстійників очисних споруд, одночасно виконуючи роль фільтру, замінюючи шар піску;
- застосовується в якості тепло і звукоізоляції;
- при прокладанні трубопроводів в якості баласту.

Однією з перспективних конструкцій для об'ємного армування грунту є геотехнічна решітка (георешітка). Представляє собою гнучкий компактний модуль, що складається зі скріплених між собою пластикових стрічок, що утворюють в розтягнутому положенні просторову комірчасту конструкцію з заданими геометричними сполученнями та розмірами (рис.3). Георешітки стійкі до дії ультрафіолетового випромінювання, прісної і солоної води, хімічного впливу грунту і агресивних середовищ. А головне матеріал довговічний, не токсичний і екологічно безпечний. Сукупність цих факторів обумовлює технологічний ефект використання георешітки.

Широке застосування обумовлене високими фізико-механічними властивостями: міцністю, низькою матеріаломісткістю, стійкістю до впливу погодно-кліматичних і гідрогеологічних чинників, довговічністю і екологічною безпекою.
В залежності від умов будівництва укріплення із застосуванням георешіток може бути як одношаровим з горизонтальним прошарком з геотекстилю, так і багатошаровим, що забезпечує рівномірне армування всього масиву земляного насипу.

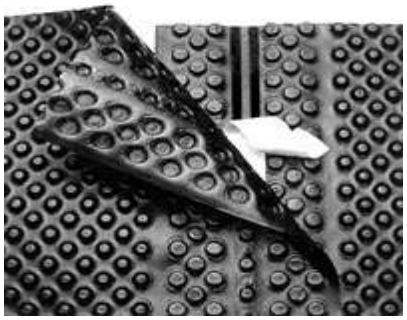


Рис. 3. **Георешітка об'ємна**

Застосування георешіток:

- зміцнення укосів і схилів, підвищення загальної стійкості укосів;
- залізничне будівництво, посилення баластної призми;
- освоєння будівельних майданчиків з мінімальними витратами;
- зміцнення захисних споруд трубопроводів;
- використання георешітки дає можливість застосування місцевих матеріалів при будівництві;
- зниження прямих витрат за рахунок заміни традиційних несучих, захисних та ізолюючих типів укріплення до 20% від їх вартості;
- при будівництві аеродромів.

Геомембрани HDPE - це рулонний гідроізоляційний геосинтетичний матеріал виготовлений з поліетилену високої щільності (рис.4).



Призначені для захисту будівель та споруд від вологи - це одне з головних завдань сучасного будівельного проектування. Тих, хто розуміє, як важливо забезпечити надійність і безпеку будівель і споруд, вже не влаштовують існуючі в даний час системи гідроізоляції; тому і були розроблені геомембрани HDPE.
Геомембрани характеризуються високою міцністю і стійкістю до дії різних речовин; це продукт, який, завдяки численним виступам, дозволяє вентилювати поверхні, що захищаються і відводити від них вологу.

Рис. 4. **Геомембрани**

Застосування геомембран HDPE:

- гідроізоляція та укріплення укосів;
- при будівництві водойм і зрошувальних каналів;
- захист зовнішнього боку стін;
- захист підпірних стінок;
- вентиляція та дренаж внутрішніх стін;
- вентиляція і відновлення старих приміщень (захист внутрішньої сторони стін);
- захист і подвійна гідроізоляція;
- зміцнення, зменшення товщини та ізоляція;
- гідроізоляція і захист від ерозії;
- гідроізоляція і розподіл навантаження (при будівництві тунелів).

Активізація дорожнього будівництва, як сподіваються оператори ринку геосинтетиків, сприятливо позначиться на обсягах продажів цих матеріалів. По-перше, саме цей сегмент - один з основних споживачів геосинтетиків. По-друге, вітчизняні дорожньо-будівельні підприємства все частіше звертаються до застосування більш сучасних матеріалів і технологій, до яких, безумовно, відносяться і геосинтетики.

У даному сегменті геосинтетичні матеріали використовують для влаштування відкосів підвищеної крутизни, підпірних стінок, підсилюють основи дорожніх насипів (рис.5). Крім того, геосинтетики застосовують для захисту конусів шляхопроводів, армування асфальтових покриттів, поділу конструкційних шарів дорожнього "пирога", як елементи дренажних систем.

У дорожньому будівництві переважно використовують різні типи геотекстилей, як ткані, так і неткані. При цьому враховуються їх більш-менш виражені характеристики - механічні, фільтруючі.

Крім геотекстилей, широко застосовують георешітки з метою зміцнення (армування) укосів або дорожнього полотна. Використання георешіток дозволяє добитися значної економії будівельних матеріалів: наприклад, армування шару щебеню в системі влаштування дороги "дає" 60-70% економії цього ж щебеню.

Застосування геосинтетиків економічно ефективніше таких традиційних технологій, як будівництво бетонних підпірних стін, заміна грунтів при будівництві на слабких основах. У залізничному будівництві геосинтетики переважно використовують для армування залізничного полотна і насипів (геотекстиль, георешітки).

Більш того, здійснити якісне, з дотриманням усіх нормативних вимог, будівництво злітно-посадочних смуг, мостів без геосинтетики, сьогодні практично неможливо. Часто ці об'єкти зводяться на слабких грунтах, які вимагають надійного і довговічного зміцнення.

а) б) в)

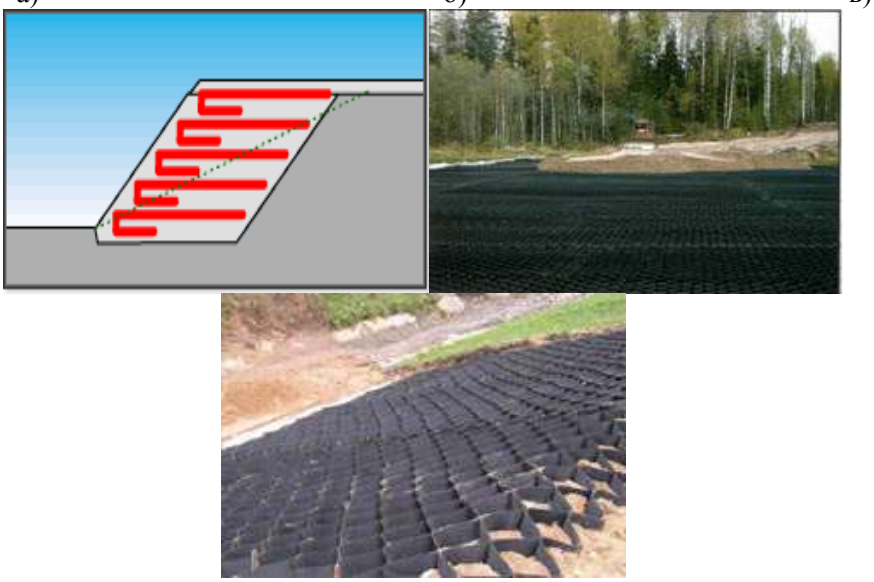


Рис. 5. **Приклади використання геосинтетичних матеріалів.**
а – схема армування насипу; б – застосування георешітки; в – вкладання геокаркасу.

Застосування геотекстилю при будівництві доріг дозволяє:

- значно збільшити несучу здатність такої конструкції;
- забезпечити підвищену ступінь ущільнення на етапі будівництва, запобігаючи втискуванню щебеня в м'яку підоснову;
- знизити руйнування доріг, що викликається впливом морозу. Затримані найдрібніші частинки (тонкодисперсні включення) діють, як губка, вбираючи воду і розширюючись при заморожуванні;
- попередити колієутворення.

Результатом застосування геотекстилю в якості розділового шару є:

- зниження витрат на укладання (зменшення використання щебеня для досягнення такої ж несучої здатності);

- зниження часу будівництва за рахунок більш швидкої і якісної утрамбовки;
- зниження вартості технічного обслуговування і збільшенні терміну працездатності конструктиву.

В даний час в нашій країні не вирішені проблеми пошуку більш досконалих і економічно вигідних технологій дорожнього будівництва, а також, не менш актуальним є ремонт і відновлення покриття автомобільних доріг всіх типів. Мова йде про те, що ті технології дорожнього будівництва та ремонту, які застосовуються сьогодні, просто не забезпечують необхідний термін служби автодоріг і обумовлюють появу тріщин і дефектів покриття вже в перший же рік активної експлуатації.

Будівництво доріг вимагає підвищених заходів щодо запобігання зносу і зміцненню дорожнього полотна. Кліматичні та геологічні труднощі, значні навантаження сприяють пошкодженню асфальтобетонного покриття доріг. Впровадження в будівництво доріг нових технологій щодо укріплення полотна це є найбільш правильний шлях розвитку дорожньо-будівельної галузі.

1. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008. - К.: Укравтодор, 2008. - 126 с.
2. Koerner R.M. Designing with Geosynthetics. – New Jersey. 5th, 2005. 796 p.
3. Савенко В.Я., Петрович В.В., Каськів В.І., Усиченко О.Ю. Синтетичні матеріали – перспектива використання в дорожніх конструкціях / Автомоб. дороги і дор. буд-во, – 1999. – Вип. 57. – с. 143–153.
4. Кострицький В.В., Коломієць А.Я., Артеменко Л.Ф., Гамеляк І.П. Дослідження експлуатаційних характеристик геограт призначених для армування асфальтобетонного покриття. Вісник КНУДТ. – 2007. – Вип. 6. – с. 46 – 50.
5. Гамеляк І.П., Кострицький В.В., Артеменко Л.Ф., Проблеми використання геосинтетичних матеріалів у дорожньому будівництві та шляхи їх вирішення. Вісник КНУДТ. – 2009. – Вип. 6. – с. 17 – 27.

©С.Я.Дробишинець

УДК 629.433

О.С.Дубицький, К.В.Карцева, Т.О.Чміль
Луцький національний технічний університет

РЕАЛІЇ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ МІСТА ЛУЦЬКА

У статті проаналізовано поточний стан міського електротранспорту м. Луцька.
Ключові слова: *тролейбус, пасажирські перевезення, міський транспорт.*
Табл. 3. Форм 1. Літ 7.

А.С.Дубицкий, К.В.Карцева, Т.А.Чмиль

РЕАЛИИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ГОРОДА ЛУЦК

В статье проанализировано текущее состояние городского электротранспорта г.Луцка
Ключевые слова*: троллейбус, пассажирские перевозки, городской транспорт.*

A. Dubitsky, K.Kartseva, T. Chmil

REALITY CITY ELECTRIC CITY OF LUTSK

This paper examines the current state of municipal electric Lutsk.
Key words: ***trolley, passenger transport, urban transport.***

Постановка проблеми: Міський електротранспорт забезпечує значний відсоток внутрішньоміських пасажироперевезень м. Луцька. В даний час існує низка невирішених питань щодо розвитку міського електротранспорту. Зокрема, це неналежний технічний стан та відсутність чіткої державної програми встановлення пільгових категорій громадян при оплаті транспортних послуг та обґрунтованої методики визначення обсягів бюджетного фінансування для компенсації недоотриманих доходів. З огляду на це, питання раціональної організації та досконалої роботи тролейбусних підприємств вимагають додаткового вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед вагомих наукових досліджень пасажирських перевезень міським електротранспортом можна виділити праці А. С. Глухова, Ю. О. Дубовського та К. М. Корсакової. Дослідження на дану тему потребують постійної актуалізації.

Метою дослідження є вивчення поточного стану та перспектив розвитку електротранспорту м. Луцька.

Викладення основного матеріалу. Міський транспорт – це комплекс різних видів транспорту, що здійснюють перевезення населення і вантажів на території міста і найближчої приміської зони, а також що виконують роботи, пов'язані з благоустроєм міста. Надійна і ефективна робота транспорту міста є найважливішим показником соціально-політичної та його економічної стабільності [1].

Сучасний міський транспорт залежно від свого призначення поділяється на такі види:

- пасажирський (тролейбус, автобус, трамвай, метрополітен, легкові автомобілі, мотоцикли, велосипеди, моторолери);
- вантажний (вантажні автомобілі, вантажні трамваї, вантажні тролейбусі вантажні поїзди метрополітену, кінські вози);
- спеціальний (санітарний, пожежні автомобілі, автомобілі для прибирання вулиць, автомобілі техдопомоги тощо).

Пасажирський транспорт за місткістю транспортних засобів може бути поділений на дві групи:

- масовий, або громадський (трамвай, тролейбус, автобус, метрополітен, глибокі вводи електрифікованих залізниць) – характеризується місткістю транспортних засобів понад 5 чол. і виконує основну частину перевезень;
- індивідуальний (легкові автомобілі, моторолери, мотоцикли, велосипеди) – характеризується місткістю до 5 чол [2].

Дедалі більше актуальною стає проблема забезпечення охорони навколишнього середовища від шкідливого впливу громадського транспорту. Зниження шкідливого впливу

©О.С. Дубицький, К.В. Карцева, Т.О. Чміль

всіх видів громадського транспорту для здоров'я й довкілля досягається з допомогою переходу та збільшення застосування екологічних транспортних засобів.

На нашу думку, тролейбусний транспорт – найбільш сучасний вид міського пасажирського транспорту, практично нешкідливий для повітряного басейну міста. Тролейбуси використовуються переважно на внутрішньо міських лініях, які характеризуються пасажиропотоками середньої потужності. Місткість рухомого складу тролейбусного транспорту перебуває в межах 60-90 пасажирів.

За технічними умовами експлуатації траси тролейбусних ліній повинні проходити тільки по вулицях з удосконаленими покриттями. Поздовжній ухил тролейбусної лінії не повинен перевищувати 0,08. Провізна здатність звичайної тролейбусної лінії близька до провізної здатності автобусної лнії і становить близько 5000 пас./год в одному напрямку [3].

Тролейбус рухається по автомобільній дорозі з твердим покриттям, що дозволяє використовувати існуючу дорожню мережу міста практично без переобладнання. Тим не менш, тролейбус потребує більш якісних доріг, ніж автобус або автомобіль: поганий стан дорожнього покриття не тільки погіршує комфортність їзди і прискорює знос підвісок, але й може викликати сходження штанг з контактних проводів.

Контактна мережа тролейбуса розділена на ряд секцій, ізольованих один від одного за допомогою секційних ізоляторів. Кожна секція підключається до однієї або декількох тягових підстанцій за допомогою підземних або повітряних фідерних ліній. Така схема дозволяє вибірково відключити окрему секцію в разі її пошкодження або для проведення ремонтних робіт. Тягові підстанції здійснюють перетворення з енергосистеми змінного струму високої напруги в постійну. За технічними нормами падіння напруги в будь-якій точці контактної мережі не повинно перевищувати 15%. Контактна мережа тролейбуса двухпровідна [3].

Пункти зупинок тролейбуса зазвичай поєднані з автобусними зупинками [4].

Зберігання, ремонт і технічне обслуговування рухомого складу здійснюється в тролейбусних депо.

Кінцеві пункти тролейбусів мають оборотні кільця. Звичайно є розгалуження контактної мережі для можливості відстою тролейбусів, обгону різних маршрутів. Іноді облаштовуються пункти контролю технічного стану, диспетчерські пункти. У пунктах контролю технічного стану проводиться насамперед перевірка опору ізоляції, стану штанг, гальм та інших вузлів, від яких залежить безпека руху.

Рух тролейбусів здійснюється за графіком. Час руху по маршруту і кількість машин на маршруті є основними вихідними даними для складання графіка. Час руху по маршруту залежить від:

- протяжності маршруту;
- частоти розташування зупинок, перехресть і пішохідних переходів (у тому числі і обладнаних світлофорами);
- обмежень швидкості на лінії;
- стану контактної мережі, доріг і рухомого складу;
- утрудненості руху на вулицях та інших факторів [5].

В умовах прикріплення водіїв (і кондукторів) до машин необхідно також враховувати гранично допустиму тривалість робочого дня і терміни обідів. Під час обороту включається час (кілька хвилин) для відпочинку водія. Розподіл наявного парку за маршрутами залежить від пасажиропотоків [6].

На основі загального графіка розробляються розклади для кожної окремої машини і іноді для кожної окремої зупинки.

Тролейбус має як ряд переваг, так і недоліків в порівнянні з іншими видами міського громадського транспорту.

Переваги:

- тролейбус використовує те дорожнє полотно, що і автомобільний транспорт;
- тролейбус може відхилятися від осі контактної мережі на відстань до 4,5 м, завдяки чому порівняно легко маневрує в транспортному потоці і не має проблем з об'їздом перешкод на зразок неправильно припаркованого автомобіля, і навіть іншого тролейбуса з опущеними штангами;

- тролейбус звичайно використовує спільні з автобусами зупинки, розташовані на тротуарі; тролейбуси не забруднюють повітря в місті вихлопними газами;
- термін служби рухомого складу тролейбуса більший, ніж термін служби автобуса;
- витрати на обслуговування тролейбусного парку нижче, ніж на обслуговування автобусного парку;
- собівартість перевезень тролейбусним транспортом нижче, ніж автобусним;
- двигун тролейбуса допускає досить значні за величиною короткочасні перевантаження. Електродвигун може розвивати повну потужність у всьому діапазоні швидкостей;
- тяговий електродвигун більш надійний, ніж двигун внутрішнього згоряння;
- сучасний тролейбус значно менш галасливий, ніж автобус. У сучасних тролейбусах ці шуми можуть бути зроблені практично безшумними, але повна безшумність може стати джерелом небезпеки для пішоходів;
- тролейбус використовує електричну енергію, що виробляється на електростанціях, ККД яких вища, ніж у двигуна автобуса.

Недоліки:

- початкові витрати на розгортання тролейбусної системи вище, ніж для автобусної;
- тролейбус дуже чутливий до стану дорожнього покриття та контактної мережі. При необхідності проїхати пошкоджену ділянку дороги доводиться значно знижувати швидкість, щоб уникнути сходу штанг з проводів контактної лінії;
- тролейбусна мережа відрізняється порівняно низькою гнучкістю через прив'язку до контактної мережі. Тим не менш, застосування систем автономного ходу і добуксовки вирішує цю проблему;
- конструкція спецчастин контактної мережі вимагає зниження швидкості при їхньому проходженні (іноді до 5 км / год);
- неможливий обгін одного тролейбуса іншим;
- контактна мережа тролейбуса захаращує вулиці та площі міст; плутанина проводів і підвісних тросів виглядає неестетично і псує історичний вигляд міста.

Для задоволення потреб населення м. Луцька у пасажирських перевезеннях сформована розгалужена транспортна мережа на основі 13 маршрутів тролейбусів (62.3 % перевезень) та 14 маршрутів автобусів (25.9 % перевезень), а також велика кількість маршрутних таксі (11.8 % перевезень). Річний об’єм перевезень складає громадським транспортом 105.91 млн. пас. (88.2 %). Основними проблемами у роботі громадського транспорту є відсутність фінансової можливості оновлення рухомого складу міського електро- та автомобільного транспорту.

Нажаль, реалії сьогодення пасажирського електротранспорту міста Луцька – сильна зношеність і недостатні темпи відновлення рухомого складу. У результаті зносу рухомого складу знижується рівень технічної надійності та безпеки пасажирського електротранспорту. З іншого боку, значною мірою ростуть видатки на експлуатацію рухомого складу і собівартість перевезень пасажирів. Підтримка в працездатному безпечному стані і випуск на лінію зношених транспортних засобів, вимагає підвищених експлуатаційних витрат, погіршує екологічну обстановку у містах та знижує безпеку дорожнього руху.

Нині рухомий склад, що експлуатується у місті Луцьку за показниками енергоспоживання, надійності та комфортності, поступається аналогам. Понад 90 відсотків тролейбусів відпрацювали нормативний ресурс експлуатації і підлягають списанню. Більше 70 відсотків рухомого складу потребує капітального ремонту. Станом на 2014 рік наявні 68 одиниць тролейбусів (табл. 1) [7].

Таблиця 1

Структура рухомого складу електротранспорту за роками експлуатації

Вид рухомого складу	Кількість рухомого складу, одиниць				Всього, одиниць
	до 5 років	від 5 до 10 років	від 10 до 15 років	від 15 до 31 року	
Тролейбуси	-	9	-	59	68

©О.С. Дубицький, К.В. Карцева, Т.О. Чміль

Аналіз проведених обстежень міських пасажирських перевезень показав, що 100% маршрутів руху міського електричного транспорту дублюється маршрутами руху маршрутних таксі.

Перенасиченість маршрутів руху електротранспорту іншими видами пасажирського автотранспорту призвело до скорочення середньої наповнюваності рухомого складу міського електротранспорту. При цьому перевезення близько 70% пасажирів пільгової категорії здійснюється міським електротранспортом.

Складним залишається фінансово-економічний стан міського електротранспорту. Незважаючи на підвищення в останні роки тарифів на проїзд, власні кошти підприємства за рахунок збору проїзної плати покривають лише половину експлуатаційних витрат. Економічна ефективність функціонування підприємств міського електротранспорту впродовж останніх 2-х років погіршується (табл. 2).

Таблиця 2

Економічна ефективність функціонування міського комунального підприємства ЛПЕ

Показники	Од. виміру	2011 рік	2012 рік	2013 рік
Кількість перевезених пасажирів за рік,	тис. чол.	21134,7	21127,5	16991
у т.ч. пільгових категорій		14611,6	15553	12753,9
Власні доходи підприємства, у тому числі від:	тис. грн	5268,8	4561,2	4037,6
пасажироперевезень;				
автопослуг;		51,5	140	70
оренди;		17,0	11	11
реклами		310,0	280	320
Рівень збитковості, (прибутковості)	%	+7,7	+0,5	-1,6
Собівартість послуг та їх складових:	грн	0,87	0,932	1,23
одного пасажира;				
одного платного пасажира		2,83	3,53	4,92
Рівень відшкодування витрат на транспортні послуги чинними тарифами	%	114,5	107,3	101,6
Рівень відшкодування витрат на перевезення пільгових пасажирів	%	90,6	90,4	90,0
Дебіторська заборгованість	млн грн	0,2	0,3	0,25
Кредиторська заборгованість	млн грн	5,5	6,2	6,8
Відшкодування витрат на перевезення пільгових пасажирів:	тис. грн.	687	348,1	485,8
місцевим бюджетом,		13242,7	14059,7	13486,9
державним бюджетом				
Чисельність працівників усього,	осіб	432	435	398
в тому числі:				
робочих;		363	373	339
ІТР;		70	62	59
водіїв тролейбусів		85	85	85

Незважаючи на збільшення кількості пасажирських перевезень, в основному за рахунок перевезень пільгової категорії населення, доходи підприємства зменшуються, так як відшкодування збитків від перевезення зазначеної категорії населення здійснюється місцевим бюджетом не в повному обсязі, рівень збитковості підприємства зростає.

Значне збільшення автомобільного парку, в тому числі й пасажирських автобусів, призвело до перевантаженості міських автомагістралей, особливо центральних вулиць міста, що є причиною значних затримок руху тролейбусів.

©О.С. Дубицький, К.В. Карцева, Т.О. Чміль

Аналіз динаміки відновлення технічного ресурсу наявного парку тролейбусів та контактної мережі свідчить про те, що впродовж останніх років, з причин обмеженості власних фінансових ресурсів та недостатнього бюджетного фінансування підприємства міського електротранспорту, знижені обсяги проведення капітальних ремонтів об'єктів (табл. 3).

Таблиця 3

Проведення капітальних ремонтів та придбання рухомого складу

Найменування об'єктів	Од. виміру	2011 рік	2012 рік	2013 рік
Капітальний ремон тролейбусної контактної мережі:	км	-	-	-
тролейбусів	од.	-	-	-
Придбання рухомого складу	од.	-	4	6

У результаті скорочення капітальних ремонтів кількість неполадок агрегатів рухомого складу, контактної мережі збільшується, що негативно впливає на регулярність руху, якість надання транспортних послуг та доходи підприємства від пасажирських перевезень.

За показниками енергоспоживання 92% рухомого складу, що експлуатується в місті, не відповідає сучасним вимогам і потребує модернізації.

В той же час, існуючий нині технічний рівень систем енергозабезпечення міського електротранспорту також не відповідає сучасним вимогам.

Елементи конструкції контактної мережі, що знаходяться в експлуатації не забезпечують надійний струмоз'єм та можливість збільшення швидкості рухомого складу на маршрутах.

Негативно впливає на фінансовий стан підприємства неврегульованість ринку міських пасажироперевезень. В місті є приватні перевізники, які надають свої послуги, дублюючи маршрути міського електротранспорту, встановлюючи більш високі тарифи, не визнаючи законодавства про пільговий проїзд, не додержуючись графіків руху, тощо. За цих умов міський електротранспорт перетворився в соціального перевізника.

Особливість функціонування пасажирського електротранспорту в місті, залежить від необхідності узгодження економічних інтересів транспортних підприємств, громадських організацій та інтересів влади з урахуванням потреб усіх прошарків населення і передбачає суворо зважений підхід до формування тарифів користування послугами пасажирського транспорту.

Висновки. Міський пасажирський транспорт – один із основних елементів соціальної інфраструктури міста, який забезпечує потреби жителів у міських і приміських перевезеннях. Надійна і ефективна робота громадського транспорту міста є найважливішим показником соціально-політичної та економічної стабільності. Електротранспорт відіграє найважливішу роль у процесі перевезень пасажирів. Тролейбус – найбільш екологічно чистий вид транспорту, хоча останнім часом все більше починає ставати транспортом малозабезпечених громадян і пільговиків. У цілому нині становище у сфері громадського пасажирського транспорту у місті можна охарактеризувати як критичне. Сприяє цьому недофінансування та неналежний технічний стан рухомого складу.

1. Урбаністика: Навч. посібник / О.С. Безлюбченко,О.В. Завальний. – Харків: ХДАМГ, 2003.- 254 с.
2. Варелопуло Г.А. Організація руху й перевезень на міському пасажирському транспорті: – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
3. *Коган Л. Я., Корягіна Є. Є., Білостоцький І. А.* Експлуатація та ремонт тролейбусів – М .: Транспорт, 1978. – 248 с.
4. Правила технічної експлуатації тролейбуса. Глава 4.Регламентування руху тролейбусів на маршруті. – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.trolley.ruz.net/info/pte/chapter04.htm.
5. Правила технічної експлуатації тролейбуса. Глава 4.Регламентування руху тролейбусів на маршруті. – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.trolley.ruz.net/info/pte/chapter04.htm.
6. Посадова інструкція водія тролейбуса – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.transport.vpeterburge.ru / articles / troll_di.php .
7. Рішення луцької міської ради. – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: URL:http://www.lutsk.ua/city-council-decision

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014.

©О.С. Дубицький, К.В. Карцева, Т.О. Чміль

УДК 656.13

І.П.Енглезі
Донецька академія автомобільного транспорту

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЙМОВІРНІСТЬ ВИНИКНЕННЯ ДТП

У статті визначено фактори, що впливають на ймовірність виникнення ДТП. А саме проведено розподіл факторів по групам ризику: дорожні умови; навколишнє середовище; спосіб водіння або тип транспортного засобу; інші учасники дорожнього руху, у тому числі їхнє поводженням на дорозі.

Ключові слова: *дорожньо-транспортна пригода, дорожні умови, фактори, ризик, ймовірність.*
Літ 12.

И.П.Энглези

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП

В статье определены факторы, влияющие на вероятность возникновения ДТП. А именно проведено распределение факторов по группам риска: дорожные условия; окружающая среда; способ вождения или тип транспортного средства; другие участники дорожного движения, в том числе их поведением на дороге.

Ключевые слова: *дорожно-транспортное происшествие, дорожные условия, факторы, риск, вероятность.*

I.Englezi

DETERMINING FACTORS AFFECTING LIKELIHOOD OF ACCIDENTS

The article outlines the factors that influence the likelihood of an accident. And it made the distribution factors on risk: road conditions; the environment; way of driving or vehicle type; other road users, including their behavior on the road.

Determining the relationship of factors that affect the safety of road transport of dangerous goods and the likelihood of an accident, the risk of death and injury to people , causing significant property damage and environmental pollution is in the form of dependencies in the proposed multivariate regression model factors change process.

Keywords: *accident, road conditions, factors, risk probability.*

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки дорожнього руху є розробка сучасних методів попередження небезпечних ситуацій, зокрема дорожньо-транспортних пригод (ДТП) [2].

Для оцінки безпеки дорожнього руху використовується статистичне спостереження ДТП із виявленням загальних тенденцій, щодо підвищення або зниження загальної кількості ДТП та їх наслідків.

Розроблені в 70-х роках XX ст. метод оцінки безпеки дорожнього руху, що використовує принципи конфліктності, а саме кожна конфліктна ситуація є потенційною причиною дорожньо-транспортної пригоди, став широко застосовуватися на перехрестях вулиць та доріг в одному та різних рівнях [5-7, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Всі методи визначення рівня аварійності розподіляються на:

1) ті, що застосовуються на ділянках доріг [1-2, 5, 7-8];

2) ті, що застосовуються на перехрестях [3, 6, 10-12].

Основним методом визначення рівня аварійності на ділянках доріг є метод лінійних графів коефіцієнтів аварійності запропонований В.Ф. Бабковим [1]. За цим методом, на кожному відрізку дороги визначаються умови руху: інтенсивність, ширина проїзної частини, ширина узбіччя, повздовжній ухил, радіуси кривих у плані, видимість, довжина прямих ділянок, стан покриття, наявність перехресть та населених пунктів.

Окремою модифікацією методу є розробка коефіцієнтів аварійності для міських вулиць та доріг [4]. В групу факторів, що визначають рівень небезпеки увійшли: інтенсивність руху, кількість легкових автомобілів у потоці, ширина проїзної частини, швидкість транспортного потоку, тип перетинання вулиць та доріг, видимість, повздовжній ухил, радіуси кривих у плані, стан покриття, наявність пішохідного руху, трамвайних колій та одностороннього руху.

Але в результаті аналізу було виявлено, що оцінити аварійність кількісно не можливо.

До основного методу визначення рівня аварійності на перехрестях вулиць та доріг відноситься метод конфліктних точок запропонований Є.М. Лобановим [6]. Цей метод має чотири модифікації:

©І.П.Енглезі

1) розрахунок коефіцієнту аварійності на нерегульованих перехрестях;

2) розрахунок коефіцієнту аварійності на кільцевих перехрестях;

3) розрахунок коефіцієнту аварійності на регульованих перехрестях;

4) розрахунок коефіцієнту аварійності на перехрестях з розв'язкою руху в різних рівнях.

Відмінностями модифікацій є розроблена система відносних коефіцієнтів аварійності для кожного із типів перетинань, які враховуються при розрахунку ступеню небезпеки кожної конфліктної точки.

Недоліком цього методу є врахування сумарної інтенсивності перетинання потоків. Якщо визначити ймовірність виникнення ДТП окремого учасника руху, то необхідно розглядати тільки два автомобіля.

Метою дослідження є визначення сукупності факторів впливу на ймовірність виникнення ДТП при перевезенні небезпечних вантажів.

Основні результати дослідження. Кількість ДТП та ступінь їхньої важкості під час дорожнього перевезення небезпечних вантажів визначається двома основними групами факторів:

1) ризик поранення, нанесення значних матеріальних збитків та забруднення навколишнього середовища, тобто відповідно ймовірність отримання поранення, нанесення значних матеріальних збитків та забруднення навколишнього середовища при участі в ДТП;

2) ризик пригоди, тобто ймовірність бути утягнутим у ДТП на кілометр дороги, що проїжджається транспортним засобом.

На ризик загибелі й поранення, нанесення значних матеріальних збитків та забруднення навколишнього природного середовища під час перевезення небезпечних вантажів впливають такі фактори:

x_1 – фізико-хімічні властивості небезпечного вантажу та ступінь небезпеки;

x_2 – спосіб перевезення та кількість небезпечного вантажу;

x_3 – тип засобу утримання вантажу.

При цьому на ризик виникнення ДТП у дорожньому русі, тобто на кількість ДТП на авт.·км пробігу автомобіля, впливає цілий ряд факторів ризику. Під факторами ризику розуміються всі фактори, які (за інших рівних умов) сприяють збільшенню ризику виникнення ДТП. Такі фактори можуть бути пов'язані зі способом водіння, навколишнім середовищем, учасниками дорожнього руху та транспортним засобом [1, 5, 7].

Таким чином, фактори ризику, що визначають ризик виникнення ДТП у дорожньому русі можна розділити на фактори ризику, пов'язані з:

1) дорожніми умовами;

2) навколишнім середовищем;

3) способом водіння або типом транспортного засобу;

4) іншими учасниками дорожнього руху, у тому числі їхнім поводженням на дорозі.

Ризик виникнення ДТП істотно змінюється в залежності від типів доріг та дорожнього середовища. Зазвичай ризик на різних типах доріг та для різних елементів доріг описують за допомогою зареєстрованих відповідним компетентним органом ДТП на 1 млн. авт.·км [4].

Факторами ризику, пов'язаними з дорожніми умовами, є:

x_4 – ширина проїзної частини;

x_5 – кількість ділянок дороги, що мають ширину проїжджої частини відповідного класу;

x_6 – клас узбіччя;

x_7 – ширина узбіччя;

x_8 – кількість ділянок дороги, що мають узбіччя відповідного класу;

x_9 – повздовжній ухил;

x_{10} – кількість ділянок дороги, що мають ухил відповідного класу;

x_{11} – радіус кривих у плані;

x_{12} – кількість ділянок дороги, що мають радіуси кривих у плані відповідного класу;

x_{13} – видимість;

x_{14} – кількість ділянок дороги, що мають значення видимості відповідного класу;

x_{15} – ширина проїзної частини мостів;

x_{16} – кількість мостів, що мають ширину проїжджої частини відповідного класу;

x_{17} – довжина прямих ділянок дороги;

x_{18} – кількість прямих ділянок дороги даного класу;

x_{19} – тип перехресть;

x_{20}– кількість перехресть даного класу;

x_{21} – число основних смуг на проїзній частині для прямих напрямків руху;

x_{22} – кількість ділянок дороги даного класу;

x_{23} – відстань проїзної частини від забудови;

x_{24} – кількість ділянок дороги, що мають відстань проїзної частини від забудови даного класу;

x_{25}– довжина ділянок на підходах до населеного пункту;

x_{26} – кількість ділянок дороги на підходах до населеного пункту даного класу;

x_{27} – клас розділювальної смуги;

x_{28} – ширина розділювальної смуги;

x_{29}– кількість ділянок дороги, що мають розділювальну смугу даного класу та ширини;

x_{30} – відстань від кромки проїзної частини до обриву;

x_{31} – кількість ділянок дороги, що розташовані поряд з обривами.

Факторами ризику, пов'язаними з навколишнім середовищем, є:

x_{32} – освітленість;

x_{33} – стан покриття;

x_{34} – видимість.

Фактори ризику пов'язані зі способом водіння або типом транспортного засобу. Через те що до керування транспортними засобами з небезпечними вантажами допускаються лише водії, які мають стаж керування транспортним засобом не менше трьох років, можна не враховувати фактори ризику, пов'язані зі способом водіння

Для різних типів транспортних засобів, що перевозять небезпечні вантажі, ризик бути залученим до ДТП буде різним [4, 9, 12]. Тому для типу транспортних засобів можна виділити такі фактори:

x_{35} – тип транспортного засобу;

x_{36} – дозволена максимальна вага транспортного засобу.

Фактори ризику пов'язані з іншими учасниками дорожнього руху, у тому числі з їх поводженням на дорозі.

Індивідуальні особливості та поведінка учасників дорожнього руху сильно впливають на число ДТП. Однак значення людського фактору у виникненні ДТП із багатьох причин важко вивчати та підкріплювати конкретними цифрами. По-перше, існує багато особливостей людського фактору, які впливають на ризик ДТП. Ці особливості можуть мати складний взаємозв'язок один з одним. По-друге, багато особливостей людського фактору важко виміряти досить надійним способом. У першу чергу, це відноситься до абстрактних індивідуальних рис людини, як манера триматися й спосіб мислення й, у відомій мері, форми поводження, наприклад, на рівні уважності. По-третє, на окремі особливості людського фактору може вплинути те, що їх намагаються вимірювати. По-четверте, на постійній основі збираються відомості про занадто невелику кількість особливостей людського фактору. Відомості про

стать, вік та стан здоров'я (алкогольне сп'яніння) – єдині фактори, що є наявними в картках обліку ДТП.

Тому варто сказати, що на сьогодні ми не зможемо врахувати фактори ризику, пов'язані з учасниками дорожнього руху і їхньою поведінкою.

На перехрестях в одному рівні безпека руху залежить від напрямку та інтенсивності пересічних потоків, числа точок перетинання, розподілу й злиття потоків руху – конфліктних точок, а також від відстані між цими точками. Чим більше автомобілів проходить через конфліктну точку, тим більше ймовірність виникнення в ній ДТП.

Факторами, що є визначальними для ризику ДТП на перехрестях в одному рівні є:

x_{37}, x_{38} – інтенсивності руху пересічних у даній конфліктній точці потоків, авт./добу;

x_{39} – кількість конфліктних точок, що перетинаються транспортним засобом при проїзді через перехрестя;

x_{40} – тип конфліктної точки.

Визначення взаємозв'язку факторів, що впливають на безпеку дорожнього перевезення небезпечних вантажів, і ймовірності виникнення ДТП, ризику загибелі й поранення людей, нанесення значних матеріальних збитків та забруднення навколишнього природного середовища здійснюється у вигляді залежностей у пропонованій багатофакторній регресійній моделі зміни факторів процесу.

Висновок. Для визначення параметрів моделі й взаємозв'язку факторів, що впливають на безпеку перевезення небезпечних вантажів, і ймовірності виникнення ДТП, ризику загибелі й поранення людей, нанесення значних матеріальних збитків та забруднення навколишнього природного середовища в подальшому буде отримана вихідна інформація на основі натурних досліджень та даних статистики ДТП.

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность дорожного движения. М.: Транспорт 1993. – 271 с.
2. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск.: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 634с.
3. Врубель Ю.А., Капский Д.В., Кот Е.Н. Определение потерь в дорожном движении. Минск.: РИО БНТУ, 2006. – 252 с.
4. Капский Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении: монографія. – Минск: БНТУ, 2008. – 243 с.
5. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. - М.: Транспорт, 2001. – 247с.
6. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: учебник для студенческих вузов. - М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
7. Evans L. Traffic Safety. Science Serving Society, 2004. – 444 p.
8. Laureshyn A. & Svensson, Å. & Hydén, C. Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. Accident Analysis & Prevention. 2010. Vol. 42. Is. 6. P. 1637-1646.
9. Shinar D. Traffic Safety and Human Behavior, Elsevier. 2007. – 776 p.
10. Szwed P. & Rene van Dorp J. & Merrick J. & et al. A Bayesian paired comparison approach for relative accident probability assessment with covariate information. European Journal of Operational Research. 2006. Vol. 169. Is. 9. P. 157-177.
11. Tesema T. & Abraham A. & Grosan C. Rule mining and classification of road traffic accidents using adaptive regression trees. I. J. of SIMULATION. 2004. Vol. 6. No. 10-11. P. 80-94.
12. Williamsona A. & Feyera A. Causes of accidents and the time of day. Work & Stress. 1995. Vol. 9. Is. 2-3. P. 158-164.

Стаття надійшла до редакції 08.04.2014.

©І.П.Енглезі

УДК 656.025.2

О.М.Єрмак, В.І.Пустовіт
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

У статті визначено фактори, що впливають на якість пасажирських перевезень. Описано різні методи, які застосовуються для оцінки якості системи міського пасажирського транспорту. Розглянуто показники, що визначають рівень якості перевезень. Досліджені теоретичні аспекти управління та оцінки якості послуг МПТ дали змогу зробити висновок про різноманіття існуючих підходів оцінки даного показника.

Ключові слова: *пасажирські перевезення, оцінка якості, показники якості, методи оцінки*
Рис 5. Форм 3.Літ 14.

Е.М.Ермак, В.И.Пустовит

ОТНОСИТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

В статье определены факторы, влияющие на качество пассажирских перевозок. Описаны различные методы, применяемые для оценки качества системы городского пассажирского транспорта. Рассмотрены показатели, определяющие уровень качества перевозок. Теоретические аспекты управления и оценки качества услуг МПТ позволили сделать вывод о многообразии существующих подходов оценки данного показателя.

Ключевые слова*: пассажирские перевозки, оценка качества, показатели качества, методы оценки.*

O.Iermak, V.Pustovit

CONCERNING THE QUALITY OF PASSENGER TRANSPORTATION

The article identifies the factors affecting the quality of passenger transport. Describes the various methods used to assess the quality of urban passenger transport. Considered indicators that determine the level of quality of service. The theoretical aspects of management and quality assessment of passenger transportation made it possible to conclude that the diversity of existing approaches to assess this indicator. Passenger service quality depends on the organization of the transport process , design features and technical state of a used vehicle , route network development and other factors. Reliability and timeliness of the trip - one of the main criteria for assessing the quality of passenger service. Movement Scheduled passenger transport without disturbing regularity creates conditions guaranteed trip population over time . This increases the demand for transport , and increasing the efficiency of transport

Keywords: *passenger transportation, quality assessment, quality indicators, evaluation methods.*

Постановка проблеми. За останні роки світовий ринок остаточно переорієнтувався від цінової конкуренції до якісної [5]. При цьому ціна товару чи послуги перестає відігравати вирішальне значення при виборі. Разом з тим, досвід зарубіжних країн показує, що зараз управління якістю стає однією з головних функцій системи управління виробництвом. В даний час рівень транспортного обслуговування недостатній як в кількісному, так і в якісному відношенні. Але якщо кількісні показники можуть бути виправлені за допомогою відповідного розвитку системи перевезень, то для покращення якості необхідні нові організаційні рішення та підходи. На думку автора [7] діюча система управління пасажирськими перевезеннями направлена на досягнення кількісних результатів діяльності, а якість перевезень по суті не враховується.

В своїй роботі автори [6] зазначають, що на сьогоднішній день невирішеними залишаються такі питання, що стосуються проблеми якості обслуговування пасажирів:

1) відсутність показників, які оцінюють якість обслуговування пасажирів (що знаходяться безпосередньо в транспортному засобі та тих, що чекають на зупинці);

2) відсутній адекватний механізм конкуренції між перевізниками щодо якості обслуговування пасажирів;

3) недостатні функції у муніципальній структурі, які реалізують моніторинг саме показників якості обслуговування пасажирів;

4) не впроваджуються економічні важелі впливу на перевізників за порушення показників якості перевезень пасажирів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням управління якістю роботи та послуг автомобільного транспорту присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних авторів. На думку автора [14] управління якістю відноситься до найбільш актуальних практичних питань удосконалення автотранспортної діяльності взагалі та зокрема прикладної транспортної науки. Науково-методичне забезпечення управління якістю перевезень він пропонує розділити на ряд

©О.М.Єрмак, В.І.Пустовіт

напрямків (рис.1), що мають самостійне практичне та теоретичне значення, та дозволяють проводити дослідження незалежно один від одного.

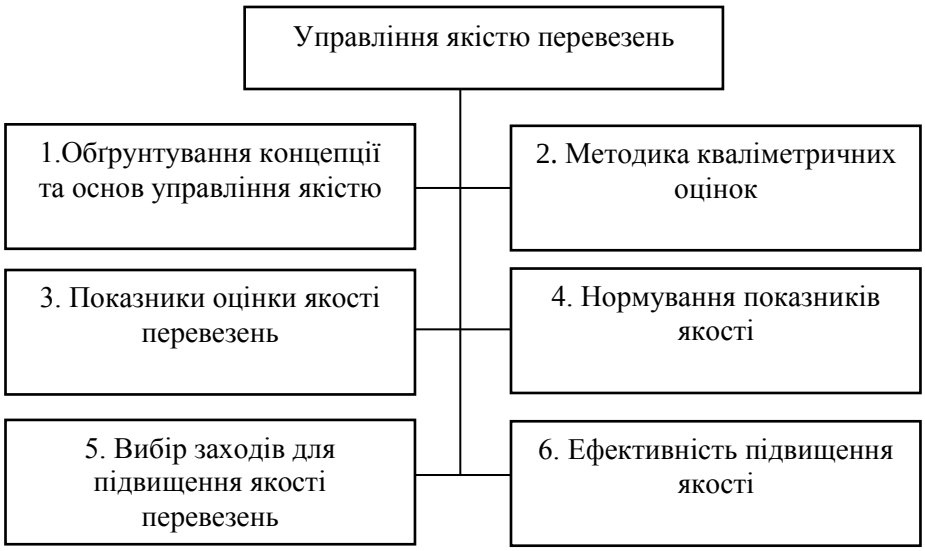


Рис. 1. **Структура напрямків досліджень в області управління якістю [14]**

Система управління якістю організовується кожним господарюючим суб'єктом автотранспортної діяльності самостійно та являється цільовою підсистемою загальної системи управління автотранспортної організації.

Проаналізувавши роботи авторів [6, 9], визначено що одним із факторів впливу на якість перевезень, а разом з тим необхідною умовою ефективного функціонування автомобільного транспорту в ринкових умовах, є висока конкурентоздатність послуг, що представляються споживачам.

Конкурентоспроможність транспортних послуг визначається в основному двома факторами - рівнем собівартості послуг та рівнем їх якості. Основним позитивним результатом конкуренції є стимулювання перевізників, що працюють на ринку пасажирських перевезень до підвищення якості надання послуг. Зниження ж якості послуг, що надаються, може призвести до багатьох негативних наслідків. При відсутності конкуренції перевізники не зацікавлені в підвищенні якості [1]. З цього можна зробити висновок, що якість послуг пасажирського транспорту багато в чому залежить від рівня конкуренції та дій органів влади, як на регіональному так і на загальнодержавному рівні.

Метою дослідження є визначення основних факторів, які впливають на якість пасажирських перевезень в містах.

Основні результати дослідження. Загальні вимоги до показників якості обслуговування пасажирів: відображення реальних інтересів пасажирів та суспільства, вимірність, залежність від стану та рівня організації перевезень, незалежність окремих показників один від одного.

До середини 1990-х років основним показником якості являвся коефіцієнт якості $K_к$, що визначається як відношення величини затрат часу на поїздку при заданих теоретично абсолютно комфортних умовах поїздки $t^з_{пер}$ до фактичних затрат часу на поїздку в реальних умовах $t^ф_{пер}$:

$$K_к = \frac{t^з_{пер}}{t^ф_{пер}}. \quad (1)$$

Як виявилося пізніше даний метод визначення оцінки якості перевезень не є доцільним, оскільки норматив затрат часу одним пасажиром на поїздку міським автобусом не враховує планування міст [4].

Згідно досліджень [2] рекомендується визначати показник якості транспортного обслуговування в містах згідно виразу:

$$K_{н} = \frac{\mathrm{t}_{\mathrm{н}}}{\mathrm{t}_{\mathrm{ф}}} \cdot \frac{y_{н}}{y_{ф}} \cdot R, \qquad (2)$$

де $\mathrm{t}_{\mathrm{н}}$ - норматив часу, що витрачається пасажиром на поїздку, хв.;

$\mathrm{t}_{\mathrm{ф}}$ - фактичний час, що витрачається пасажиром на поїздку, хв.;

$y_{н}$ - нормативний коефіцієнт наповнення, що рекомендується для міських перевезень;

$y_{ф}$ - фактичне значення коефіцієнту заповнення;

R - показник регулярності руху.

Запропоновані показники якості оцінюють якість організації руху автобусів на маршрутах, якість роботи АТП і зручність перевезень для пасажирів.

Серед показників якості також можна використовувати [3, 11, 13]:

- заповнення транспортного засобу;
- витрати часу на поїздку;
- регулярність руху транспортних засобів;
- безпека руху пасажирів при перевезенні.
- доступність;
- комфорт поїздки.

В роботі [12] математично якість представляється вектором в *n*-мірній системі координат (рис. 2) де *n* – число показників оцінки якості. По кожній координатній осі відкладені значення відповідного показника якості. Геометрична інтерпретація якості в роботі надається у вигляді радарної діаграми. Дана діаграма представляє собою вихідні з загальної початкової точки координатної осі лінії, на яких відкладені рівні відповідних показників якості (рис.3).

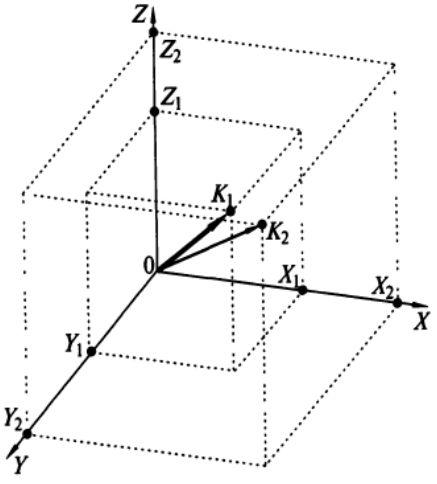


Рис. 2 . **Векторне представлення якості (Три показники якості: X, Y, Z; індекси 1 та 2 показують вихідне та нормативне значення показника якості): $К_1$ та $К_2$ – відповідно вихідна і нормативна якість обслуговування [12]**

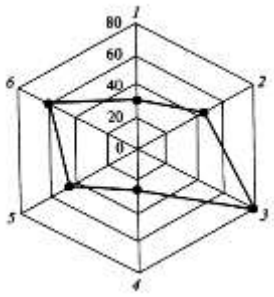


Рис. 3 .**Радарна схема показників якості**
(1-6 – номери осей, по яким відкладені значення показників якості) [12]

Векторна інтерпретація якості лаконічно та чітко пояснює принципову відмінність двох категорій: «кількість» та «якість». Кількість завжди скалярна величина. Кількість представляється положенням точки на числовій осі. Якість, навпаки, неможливо представити одним показником. Оскільки, на думку автора, замість оцінки якості буде отримана оцінка кількісного рівня даного показника.

На думку автора [12] властивості перевізного процесу та системи перевезень визначають об'єктивну особливість рівня організації та здійснення перевезень пасажирів та проявляються при задоволенні транспортних потреб пасажирів. Ці властивості підрозділяються на прості та складні (рис.4).

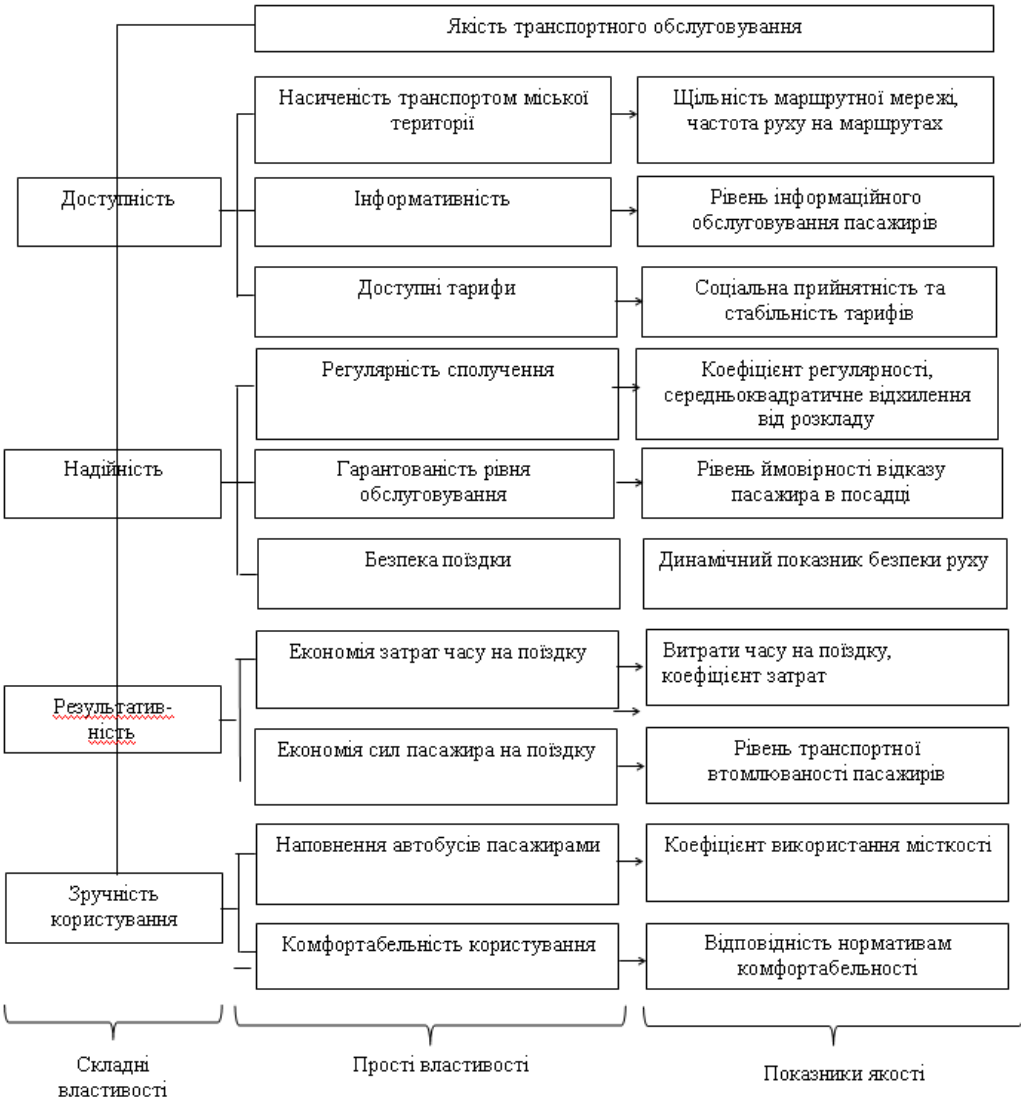


Рис.4. **Структура показників якості обслуговування пасажирів [12]**

Складними властивостями є наступні групи показників:

1. Доступність
2. Надійність
3. Результативність
4. Зручність користування

Вони представляють собою групу простих властивостей, що поєднані по функціональному признаку. Прості властивості характеризуються показниками якості. В залежності від міри прояву властивості показник приймає деяке значення.

Серед показників якості перевезень пасажирів можна виділити наступні групи (рис. 5):

1) показники інформаційного обслуговування;
2) показники комфортності;
3) показники швидкості;
4) показники своєчасності;
5) показники схоронності багажу;
6) показники безпеки.

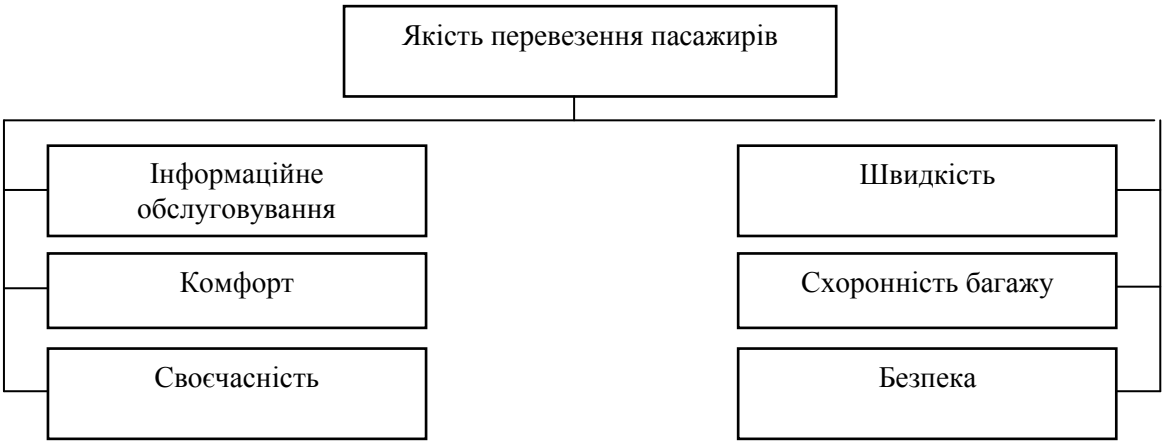


Рис 5.**Структура показників якості перевезень пасажирів**

Показники інформаційного обслуговування характеризують особливості пасажирських перевезень, що зумовлюють періодичність доведення до пасажирів та населення відомостей, необхідних для прийняття правильних рішень в процесі їх транспортного обслуговування.

До показників інформаційного обслуговування відносять частоту передачі інформації:

- про відправлення і прибуття транспортних засобів;
- про послуги, що надаються пасажирам та їх вартість;
- про розміщення необхідних табличок та покажчиків на транспортних засобах, зупиночних пунктах та інших лінійних спорудах та ін.

Показники комфортності поїздки характеризують властивості пасажирських перевезень, що обумовлюють створення необхідних умов обслуговування та зручності перебування пасажирів в транспортному засобі.

Дана група показників включає в себе:

1) площу транспортного засобу, що приходиться на одного пасажира;
2) частоту прибирання транспортних засобів;
3) температуру повітря в транспортному засобі;
4) освітленість;
5) допустимі значення шуму та вібрації;

В літературних джерелах під комфортабельністю часто розуміють також і заповнення салону.

Показники швидкості характеризують властивості пасажирських перевезень, що зумовлюють тривалість перебування пасажира в поїздці. До показників швидкості відносять [8]:

- тривалість поїздки;
- середню швидкість руху транспортного засобу;
- частоту зупинок транспортного засобу.

Показники безпеки характеризують особливості пасажирських перевезень, що обумовлюють при їх виконанні безпеку пасажирів. Безпека перевезень відноситься до числа обов'язкових вимог. Розрізняють безпеку руху транспортного засобу для інших учасників руху (пішоходи та транспортні засоби) та для пасажирів. Безпека для пасажирів формується під впливом спеціальних галузевих документів та нормативів.

Безпеку руху для пасажирів відповідно фазам перебування пасажира в перевізній системі пропонується класифікувати наступним чином [7]:

- безпека при очікуванні посадки в транспортний засіб (обладнання зупинних пунктів);
- безпека при посадці та висадці пасажирів;
- безпека безпосередньо при русі.

Показники схоронності багажу характеризують властивості пасажирських перевезень, що зумовлюють перевезення багажу без втрат і пошкоджень. До показників збереження багажу відносять:

- відсоток багажних відправлень, що прибувають з ушкодженнями;
- середню вартість збитків від пошкодження багажу;
- вартість відшкодування від втрати багажу.

Показники своєчасності характеризують властивості пасажирських перевезень, що обумовлюють рух транспортних засобів у відповідності з встановленим розкладом або іншими вимогами за часом їх руху.

Одним з основних показників своєчасності руху є регулярність. З точки зору пасажира при невеликому інтервалі руху регулярним буде рух через строго рівні проміжки часу. На думку автора [14] під таке визначення регулярності відносяться випадки, коли автобуси запізнюються, наприклад, на 5 хвилин. Але з точки зору диспетчера, регулярним буде рейс, що виконується в відповідності з розкладом. Тому слід розрізняти такі поняття, як регулярність та точність руху.

Регулярність (R) прийнято вимірювати коефіцієнтом, що чисельно дорівнює відношенню числа рейсів, виконаних в відповідності з розкладом (Z_P) до числа рейсів, що передбачені цим розкладом ($Z_{пл}$):

$$R = \frac{Z_P}{Z_{пл}}. \qquad (3)$$

До числа рейсів, що не були виконані згідно з розкладом відносять, як взагалі невиконані чи незакінчені рейси, так і рейси з наднормативними відхиленнями в розкладі.

Але на думку автора [14] при оцінці регулярності перевезень необхідно уникати застосування коефіцієнту регулярності. Так, як він не відображає ступінь відхилення від розкладу, так як показує кількість відхилень. Для оцінки регулярності перевезень він рекомендує використовувати інший показник – середньоквадратичне відхилення від розкладу руху. Даний показник враховує як частоту порушень в розкладі, так і тяжкість.

Для пасажирів регулярність перевезень є одним із найважливіших показників якості перевезень. Адже із збільшенням нерегулярності руху автобусів зростають затрати часу на очікування посадки в транспортний засіб.

Також слід звернути увагу на значення показників оцінки регулярності руху для АТП. Дані показники використовуються для визначення числа фактично виконаних рейсів та їх якості.

При нерегулярному русі транспорт розподіляється та використовується на маршруті нерівномірно – частина транспортних засобів надмірно заповнена, а інша слідує з малим заповненням. В результаті умови перевезення різко погіршуються, транспортні засоби різко зношуються, а частина пасажирів не мають можливості заплатити за проїзд (особливо на коротких відстанях в переповнених салонах) в результаті чого знижуються доходи підприємства та збільшуються затрати на перевезення.

Для підвищення регулярності руху та контролю додержання водіями робочого розкладу установлюється допустимі відхилення від розкладу [10]:

- для міських маршрутів +/- 1хв.;
- для приміських маршрутів +/- 3хв.;
- для міжміських +/- 5 хв.

Таким чином регулярність руху може бути підвищена наступним:

1) організація диспетчерського управління, що виконує контроль руху транспорту по всім маршрутам;

2) введення в розклад руху кожного транспортного засобу часу слідування по проміжним контрольним пунктам (особливо на маршрутах великої протяжності);

3) введення контролю регулярності за допомогою автоматизованих систем диспетчерського регулювання.

Висновок. Забезпечення якості наданих послуг досягається управлінням. У зв'язку з цим виникає необхідність у поглибленні існуючих і розробленні нових теоретичних основ і методичних рекомендацій щодо удосконалення управління якістю послуг пасажирських автотранспортних підприємств. Якість обслуговування пасажирів залежить від організації транспортного процесу, конструктивних особливостей і технічного стану транспортного засобу, розвитку маршрутної мережі та інших факторів. Надійність і своєчасність поїздки - один з основних критеріїв оцінки якісного обслуговування пасажирів. Рух пасажирського транспорту за розкладом без порушення регулярності створює умови гарантованої поїздки населення в часі. Це збільшує попит на перевезення і сприяє підвищенню ефективності роботи транспорту. Аналіз попередніх досліджень дозволяє зробити висновок про відсутність моделей, що враховують причини, через які відбуваються збої в роботі міського пасажирського транспорту.

1. Аболонин С. М. Конкурентоспособность транспортных услуг / С. М. Аболонин. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 172 с.
2. Большаков А. М. Повышение уровня обслуживания пассажиров автобусами на основе комплексной системы управления качеством: дис. ... канд. экон. наук. – М., 1981. – 174 с.
3. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. Учебное пособие. М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
4. Гудков В. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии: учеб. пособие / В. А. Гудков, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина, Н. А. Овчар; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 163 с.
5. Котлер Ф. Основы маркетинга. Пер с англ. М.: Прогресс 1990. – 736 с.
6. Кужель В.П., Іщенко А.П., Бишко М.О. Визначення рівня якості пасажирських перевезень з позиції пасажира Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2013. № 15(204). – С. 12-16.
7. Максимкин В.Н., Спирин И.В. Управление качеством перевозок пассажиров городскими автобусами. М.: АЦ ЕТС, 1998. – 38 с.
8. Ольховский С.Ю., Быкова О.В. Логистика городского общественного пассажирского транспорта:Учебное пособие по дисциплине «Логистика городских транспортних систем» для студентов экономических специальностей. – Омск: СибАДИ, 2013. – 194 с.
9. Пеньшин Н.В. Оценка эффективности функционирования автомобильного транспорта. - Университет им. В.И. Вернадского. – 2008 - №1- С. 89-98
10. Пермовский А.А.: Уебно-методическое пособие/ Пермовский А.А. – Н. Новгород: НГПУ, 2011. – 164 с.
11. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / И.В. Спирин. – 5-е изд., перераб. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
12. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочное пособие / И.В. Спирин. – М.: Академкнига, 2002. – 448 с.
13. Тлегенов Б.Н. Анализ методов оценки и показателей качества системы городского пассажирского транспорта // Современные проблемы науки и образования, 2012 № 3. – С. 100-108.
14. Фролов К.В. Формирование показателей и нормативов каества городских автобусных перевозок: дисс канд. экон. наук: 08.00.05 . – М.: РГБ, 2005. – 156 с.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014.

©О.М.Єрмак, В.І.Пустовіт

УДК 625.852

В.К.Жданюк, К.В.Циркунова, Д.Ю.Костін, О.О.Макарчев
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК СИНТЕТИЧНИХ ВОСКІВ ТА ЛАТЕКСІВ, ЯК МОДИФІКАТОРІВ БІТУМІВ, НА ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

Наведені результати експериментальних досліджень впливу добавок синтетичного воску та водного латексу на фізико-механічні властивості бітуму та щебенево-мастикового асфальтобетону. Показано зростання колієстійкості щебенево-мастикового асфальтобетону на основі модифікованих бітумів, порівняно з вихідним бітумом.

Ключові слова: *бітум, модифікуючі добавки, щебенево-мастиковий асфальтобетон, колієстійкість, міцність.*
Рис 3. Табл. 2. Літ 7.

В.К.Жданюк, Е.В.Циркунова, Д.Ю. Костин, О.А.Макарчев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОСКОВ И ЛАТЕКСА, В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА БИТУМОВ, НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния добавок синтетического воска и водного латекса на физико-механические свойства битума и щебеночно-мастичного асфальтобетона. Показано возрастание колееустойчивости щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе модифицированных битумов, по сравнению с исходным битумом.

Ключевые слова: *битум, модифицирующие добавки, щебеночно-мастичный асфальтобетон, колееустойчивость, прочность.*

V. Zhdanyuk, E.Tsyrkunova, D.Kostin, O.Makarchev

STUDY OF ADDITIVES SYNTHETIC WAX AND LATEX, AS A BITUMEN MODIFIER, ON PROPERTIES ASPHALT

Results of experimental research of influence of synthetic wax additives and aqueous latex on physical and mechanical properties of bitumen and stone mastic asphalt are given. Increase of rut resistance of stone mastic asphalt with modified bitumen compared to initial bitumen has been shown.

Keywords: *bitumen, modifiers, stone mastic asphalt, rut resistance, strength.*

Постановка проблеми. При одночасному впливі високих температур в літній період експлуатації та великовантажних транспортних засобів на проїзній частині дорожніх одягів нежорсткого типу виникають пластичні деформації у вигляді колій. Колії є перешкодою швидкого відведення води з проїзної частини під час сильних дощів – ситуація, яка може призвести до втрати контролю над транспортним засобом через аквапланування і, відповідно, зростання кількості дорожньо-транспортних пригод. Глибокі колії помітно впливають на кермування, створюючи або підвищуючи втомлюваність водія, а також збільшують механічне зношування підвісок автомобіля та рульового механізму, чим підвищуються витрати власника авто. Однією з причин утворення колій в асфальтобетонних покриттях нежорстких дорожніх одягів зазвичай є недостатня теплостійкість органічних в'яжучих, використаних для приготування асфальтобетонних сумішей. Поширеною практикою підвищення теплостійкості нафтових дорожніх бітумів є модифікація їх полімерами, що забезпечує підвищення колієстійкості асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів, влаштованих з використанням асфальтобетонних сумішей на їх основі. На даний момент практичного використання набули синтетичний віск "Licomont BS 100" та водний латекс «Butonal NS 198», що призначені для модифікації бітумів з метою підвищення їх теплостійкості та зниження енергоємності при приготуванні асфальтобетонних сумішей. Проте, на сьогодні, їх вплив на властивості нафтових дорожніх бітумів та щебенево-мастикових асфальтобетонів, приготовлених на їх основі, недостатньо вивчено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати обстежень та польових досліджень дорожніх одягів нежорсткого типу з асфальтобетонними шарами свідчать про те, що колії на них виникають поступово зі збільшенням кількості проходів транспортних засобів та проявляються у вигляді поздовжніх западин по смугах накату з невеликим випиранням по боках. Колійність викликана доущільненням матеріалів в шарах дорожнього одягу та грунту земляного полотна,

©В.К.Жданюк, К.В.Циркунова, Д.Ю.Костін, О.О.Макарчев

стиранням верхнього асфальтобетонного шару покриття та деформаціями зсуву. При цьому, деформації зсуву вважаються першочерговою причиною утворення колій [1-3].

Відомо [4], що мінеральний остов є головним структурним елементом асфальтобетонів, який забезпечує їх колієстійкість. Стійкість мінерального остова до дії навантажень характеризує кут внутрішнього тертя. Його можливо підвищити збільшенням вмісту зерен щебеню у складі мінеральної частини асфальтобетону, зерновим складом щебеню і формою мінеральних зерен. В'язкість бітуму, ступінь його структурованості мінеральним порошком і модифікуючими добавками належать до домінуючих факторів, які суттєво впливають на колієстійкість асфальтобетонних шарів дорожнього одягу, яка залежить від температури, кількості циклів та величини і тривалості дії навантаження [5]. На інтенсивність утворення колії в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів суттєво впливає підвищений вміст бітуму у складі асфальтобетонної суміші, порівняно з оптимальним, а також використання недостатньо теплостійких бітумів для її приготування. Для мінімізації колієутворення в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів для заданих транспортних умов бітуми, або безпосередньо асфальтобетонні суміші, зазвичай модифікують різними добавками, а конструктивні шари дорожнього одягу армують геосинтетичними гратками, або ж грантками з композитної арматури [6,7].

Мета дослідження. Дослідження впливу синтетичних восків та латексів, як модифікуючих добавок до бітумів, на властивості асфальтобетону.

Основні результати дослідження. Для порівняльних досліджень був прийнятий нафтовий дорожній бітум марок БНД 60/90 та синтетичний віск "Licomont BS 100" і водний латекс «Butonal NS 198», як модифікатори бітумів. Бітум марки БНД 60/90 характеризувався наступними показниками фізико-механічних властивостей: пенетрації при 25 ^{o}C - 78 · 0,1 мм, температура розм'якшення - 49 ^{o}C, дуктильність при 25 ^{o}C - 66 см, температура крихкості – мінус 19 ^{o}C, зчеплення плівки бітуму з поверхнею скла – 52 %. Загальний вигляд скляних пластин після випробування бітуму наведено на рис. 1.

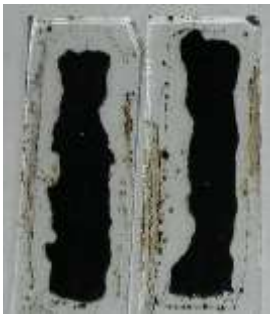


Рис. 1. **Загальний вигляд скляних пластин після визначення показника зчеплення плівки вихідного бітуму марки БНД 60/90**

Модифікація бітуму, прийнятими для дослідження добавками, здійснювали при температурі (175 – 180) °С протягом 60 хвилин у лабораторній мішалці. Мішалка обладнана системою обігріву, яка забезпечує рівномірне нагрівання всього об'єму бітуму до температури суміщення та її підтримування протягом необхідної тривалості перемішування. Результати досліджень властивостей бітуму, модифікованого синтетичним воском та водним катіонним латексом, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати порівняльних досліджень властивостей модифікованих бітумів

Назва показника	БНД 60/90 + 2% "Licomont BS 100"	БНД 60/90+ 3% «Butonal NS 198»
Пенетрація при 25 ^{o}C, 0,1 мм	52	52
Температура розм'якшення, ^{o}C	73	60

Дуктильність при 25 °С, см	9	22
Еластичність, %	-	79
Температура крихкості, °С	-18	-19
Зчеплення плівки бітуму з поверхнею скляних пластин, %	100	100

Отримані результати вказують на те, що при додаванні 2 % синтетичного воску "Licomont BS 100" до бітуму спостерігається зменшення показника дуктильності на 86 %. При додаванні до того ж бітуму 3 % катіонного латексу «Butonal NS 198» показник дуктильності в'яжучого зменшується дещо менше (на 67 %). При цьому бітум набуває еластичності, значення якої становить 79 %. Добавка "Licomont BS 100" більш суттєво підвищує температуру розм'якшення бітуму, порівняно з латексом «Butonal NS 198». Так, 2 % "Licomont BS 100" забезпечує зростання температури розм'якшення до 73 °С, що на 33 % більше ніж у вихідного бітуму марки БНД 60/90, а 3 % латексу «Butonal NS 198» збільшує цей показник на 18 %. При вказаних концентраціях обидві добавки практично не впливають на значення температури крихкості модифікованого бітуму. Для дослідження впливу модифікації бітуму синтетичним воском та латексом на властивості та колієстійкість асфальтобетонів використовували щебенево-мастиковий асфальтобетон виду ЩМА-10. В якості стабілізуючої добавки для приготування щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей використовували «Viatop-66». Результати порівняльних досліджень впливу модифікованих бітумів на фізико-механічні властивості ЩМА-10 наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Властивості щебенево-мастикового асфальтобетону

Назва показника	ЩМА-10 на БНД 60/90	ЩМА-10 на БНД 60/90 + 3 % Butanal NS 198	ЩМА-10 на БНД 60/90 + 2% Licomont BS100
Водонасичення, % за об'ємом	1,7	1,3	1,2
Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 20 °С, 50 °С,	 3,9 1,3	 4,9 1,6	 4,3 1,4
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,90	0,92	0,91
Зчеплення при зсуві за температури 50°С, МПа,	0,23	0,30	0,31
Границя міцності на розтяг при розколюванні за температури 0 °С, МПа	5,2	6,4	5,5
Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,90	0,94	0,91
Показник стікання в'яжучого, %	0,04	0,02	0,05
Вміст в'яжучого, %	6,1	6,3	6,1

Отримані результати досліджень вказують на те, що щебенево-мастикові асфальтобетони на основі модифікованих бітумів характеризуються підвищеними значеннями границі міцності при стиску та на розтяг при розколюванні, а також показника зчеплення при зсуві за температури 50°С.

Дослідження коліестійкості асфальтобетонів здійснювали за допомогою коліємірa конструкції кафедри будівництва і експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ за наступними режимами: навантаження на колесо - 57,5 кН; температура + 65 °С; максимальна кількість проходів колеса - 30000. Випробування виконували шляхом циклічного прокочування навантаженого колеса по поверхні асфальтобетонних зразків при заданій температурі з періодичним вимірюванням глибини колії – як критерія стійкості асфальтобетону до накопичення залишкових пластичних деформацій. Результати дослідження коліестійкості щебенево-мастикових асфальтобетонів вказують на те (рис.2), що збільшення концентрації водного катіонного латексу у складі бітуму викликає зменщення глибини колії. Глибина колії в ЩМА-10 на бітумі, модифікованому 2 % водного катіонного латексу «Butanal NS 198», в 2,59 рази менша, порівняно з щебенево-мастиковим асфальтобетоном на основі вихідного бітуму БНД 60/90. При збільшенні концентрації водного катіонного латексу у складі бітуму до 3 % глибина колії зменшується в 3 рази при 30000 проходів колеса. Дослідженнями впливу бітуму, модифікованого синтетичним воском «Licomont BS 100», на коліестійкість ЩМА-10 встановлено (рис. 3), що глибина колії теж зменшується, а саме, в 2,65 рази при вмісті воску в бітумі 2 %, та в 3,57 рази при вмісті воску в бітумі 3 % воску.

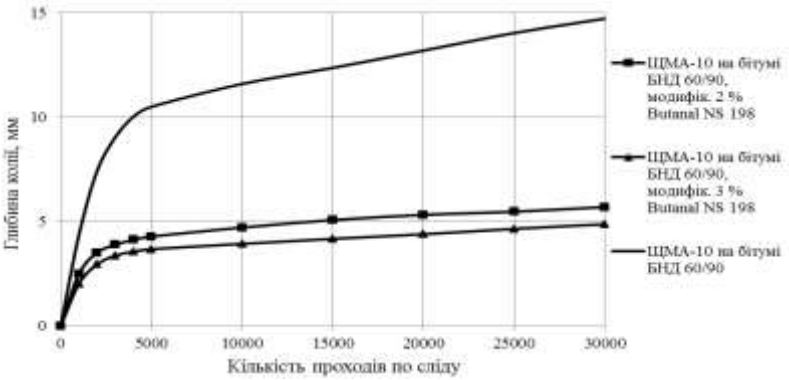


Рис. 2. **Залежності глибини колії в ЩМА-10 на основі бітуму БНД 60/90, модифікованому латексом «Butanal NS 198»**

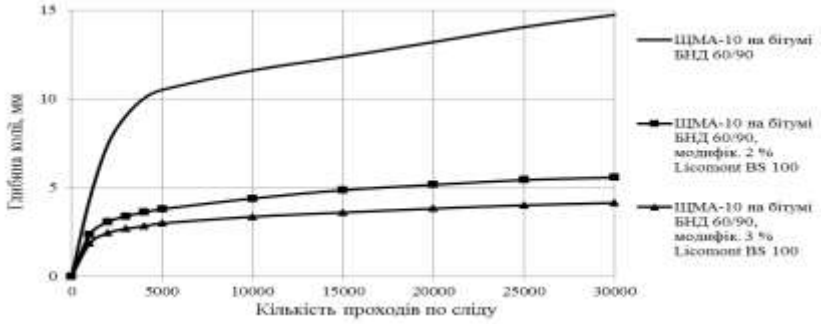


Рис. 3. **Залежності глибини колії в ЩМА-10 на основі бітуму БНД 60/90, модифікованому синтетичним воском «LicomontBS 100»**

Висновки. Виконані в лабораторних умовах дослідження свідчать про суттєвий вплив синтетичного воску і водного катіонного латексу на властивості бітуму, а також модифікованого ними бітуму на властивості і коліестійкість щебенево-мастикового асфальтобетону. Модифікація бітуму дослідженими добавками супроводжується зростанням його темплостійкості. Щебенево-мастикові асфальтобетони на основі бітумів, модифікованих синтетичним воском «Licomont BS 100» та водним катіонним латексом «Butonal NS198», характеризуються підвищеними показниками міцності і стійкістю до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії. По рівню підвищення коліестійкості низькомолекулярний синтетичний віск «Licomont BS 100» має майже однакову ефективність порівняно з катіонним водним латексом «Butonal NS198».

1. Hofstra, A., and Kiomp, A.J.G. Permanent Deformation of Flexible Pavements Under Simulated Road Traffic Conditions, Proceedings, Third international conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, 1972, Vol. I, London, 613-621.
2. Eisenmann, J., and Hilmer, A. Influence of Wheel Load and Inflation Pressure on the Rutting Effect at Asphalt-Pavements-Experiments and Theoretical Investigations, Proceedings, Sixth international conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, 1987, Vol. I, Ann Arbor, 392-403.
3. Collop, A. C., Cebon, D., and Hardy, M. S. A. Viscoelastic Approach To Rutting in Flexible Pavements, ASCE, Journal Of Transportation Engineering, 1995, Vol. 121, No. I, 78-89.
4. Жданюк В.К., Даценко В.М., Зражевец Е.М., Чугуенко С.А., Воловик А.А. Устойчивость асфальтобетонов различных гранулометрических типов к накоплению пластических деформаций в виде колеи // Материалы юбилейной научно-технической конференции «80 лет Белорусской дорожній науке».- Минск.- 2008.- С.105 – 111.
5. Воловик О.О., Костін Д.Ю., Чугуенко С.А., Жданюк В.К. Колееустойчивость мелкозернистого асфальтобетона на битумах разных марок // Материалы международной научно-практической конференции «Эффективные материалы, технологи, машины и оборудование для строительства и эксплуатации современных транспортних сооружений», БГТУ, Белгород.- 2009.- С.92-97.
6. Жданюк В.К., Гнатенко Р.Г., Костин Д.Ю. Впровадження технології влаштування покриттів з щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей на модифікованих бітумах // Автошляховик України.- №2.- 2009.- С.28-30.
7. Жданюк В.К., Воловик О.О., Костін Д.Ю. Колієстійкість асфальтобетону армованого геосітками // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве».- Харьков, ХНАМГ.-2010.- С. 70-71.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2014.

©В.К.Жданюк, К.В.Циркунова, Д.Ю.Костін, О.О.Макарчев

УДК 656.13

М.М.Жук, М.В.Бойків, Т.М.Пострaнський
Національний університет «Львівська політехніка»

ПЕРІОД НАСТАННЯ СУТІНОК, ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

В роботі розглянуто вплив зниження освітлення проїзної частини, внаслідок настання сутінок, як чинник, що впливає на функціональний стан водія. Наведено результати дослідження зміни індексу напруження водія в період настання вечірніх та ранкових сутінок та переходу на вуличне освітлення.

Ключові слова: *індекс напруження, функціональний стан водія, електрокардіограма, освітлення, варіабельність серцевого ритм, час настання сутінок*

Рис 4. Літ 10.

Н.Н.Жук, Н.В.Бойкив, Т.Н.Пострaнський.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЕМ ТЕМНОТЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДИТЕЛЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ ДВИЖЕНИЯ

В работе рассмотрено влияние снижения освещения проезжей части, в результате наступления сумерек, как фактор, влияющий на функциональное состояние водителя. Приведены результаты исследования изменения индекса напряжения водителя в период наступления вечерних и утренних сумерек и перехода на уличное освещение.

Ключевые слова: *индекс напряжения, функциональное состояние водителя, электрокардиограмма, освещение, вариабельность сердечного ритма*

N.Zhuk, N.Bojkiv, T.Postransyy

INFLUENCE OF TIME AFTER DUSK ON THE FUNCTIONAL STATE OF A DRIVER IN URBAN DRIVING CONDITIONS

Work is dedicated to research of reducing roadway lighting during the onset of morning and evening twilight. This is an important factor that influences on the functional state of the driver. Also in work were established driver's physiological characteristics issues and their impact on traffic safety in the conditions of low visibility.

There were analyzed the publications and their novelty in this field of the driver`s physiological characteristics studying. Investigated whether the lighting section of the city road network complies with government`s norms.

It were shown the current methodologies of research driver`s functional state, who is the operator of the transport process. Also there are presented main advantages of the electrocardiogram in transport investigation. There are displayed brief descriptions of the main indicators of the electrocardiogram.

Presented the results of studying the change of driver`s stress index during the onset of evening and morning twilight and transition to the street lights. These data are compared with the dynamics of changing the driver`s index of stress while driving in bright during the day.

It was established that the reduction in light intensity increases the driver`s stress index. This is a consequence of decreasing the visibility distance.

Key words: *index of stress, the functional state of the driver, electrocardiogram, lighting, heart rate variability*

Постановка проблеми

Значний об’єм інформації про існуючий стан на дорозі, водій отримує з допомогою зорового сприйняття. Тому із зниження рівня природнього освітлення та переходу на штучне збільшується ймовірність прийняття ним помилкових рішень. Це, у свою чергу, може призвести до дорожньо-транспортних подій.

Недостатнє освітлення проїзної частини ускладнює сприйняття дорожньої ситуації. За таких умов водій розпізнає предмети за їх яскравістю та світловідбиванням (технічні засоби організації дорожнього руху, пішоходи, транспорті засоби, тощо). Разом з тим, знижується відстань виявлення певних перешкод та небезпеки майже у два рази [9].

Також при проходженні ділянок з різною освітленістю, зір водія безперервно адаптується до сприйняття. Результатом цього є швидка втома очей та постійне психофізіологічне напруження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день широко вивчається питання впливу умов руху на надійність роботи водія та прийняття ним правильних рішень. Проводяться дослідження безпеки руху транспортних потоків з урахуванням психофізіологічних особливостей людини, як оператора

©М.М.Жук, М.В.Бойків, Т.М.Пострaнський

транспортного процесу. Дослідження пов'язані з визначенням тривалості реакції [10], функціонального стану (ФС) водія під час руху у різних місцевостях у тому числі при зміні висотної поясності [9], поведінки водія під час засліплення тощо.

На основі результатів досліджень режимів руху транспорту в періоди вечірніх і ранкових сутінок з використанням закону Вебера-Фехнера висунута гіпотеза про те, що на основі цього закону існує наявність зворотного зв'язку між горизонтальною освітленістю в періоди сутінок та режимом руху і його безпекою [8]. Тобто, в умовах обмеженої видимості, вибір безпечних режимів руху залежить від того, що водій бачить і наскільки адекватно сприймає дорожню ситуацію [3,6].

Велика кількість, як вітчизняних, так і закордонних досліджень стосуються впливу рівня освітлення на безпеку руху транспортних засобів та пішоходів у темний період доби. Як свідчить статистика при належному рівні освітлення загальна кількість дорожньо-транспортних подій може бути зменшена приблизно на 30% [1,7]. Також існує твердження, що зі зменшенням освітленості не тільки знижується дальність бачення, але, водночас, збільшується час акомодації очей та адаптації зору [4].

Зменшення тривалості світлового дня – це сезонний чинник, який безпосередньо впливає на безпеку руху і потребує відповідного реагування на нього кожним водієм транспортного засобу. У першу чергу навантаження йде на органи зору, адже в процесі керування автомобілем саме зоровий аналізатор є основним джерелом інформації про дорожню ситуацію. Вирішальне значення для зору мають умови освітленості.

Безпека руху, зокрема тривалість реакції водія, в значній мірі залежить від його ФС. Він формується під безпосереднім впливом зовнішніх чинників. Існує багато методик щодо визначення цього показника. Найбільш поширеною є аналіз електрокардіограми (ЕКГ) та електроенцефалограми, шкіро-гальванічної реакції, окулографія. Ця методика отримала у транспортних дослідженнях поведінки людини у зв'язку з тим, що вона є найбільш вивченою. Її застосовують у таких галузях науки, як авіація, космонавтика, спортивна медицина тощо.

Основною характеристикою ЕКГ є варіабельність серцевого ритму (ВСР). Розгляд цього показника дає можливість оцінити загальний ФС людини [10]. Аналіз проводиться на основі одного з показників ВСР – індексу напруження (ІН). Він використовується для оцінки ступеня напруження регуляторних механізмів на підставі варіаційного розкиду частоти серцевого скорочення [2].

Невирішені раніше частини загальної проблеми

На основі вищевикладеного стає актуальним визначення впливу рівня освітлення проїзної частини та зниження рівня негативного впливу ефекту засліплення на ФС водія.

Мета дослідження

Дослідження зміни психофізіологічних особливостей водія під час руху в різних умовах, зокрема за зміни рівнів освітлення. Отримані значення дадуть можливість проаналізувати вплив ФС на адекватне прийняття рішень в різних умовах руху.

Основні результати дослідження

У цій статті застосовано вищезазначену методику дослідження психофізіологічних показників водія, зокрема аналіз ЕКГ. На основі отриманих даних встановлено значення ІН, який в нормі коливався в межах 80-150 у.о. Цей показник досить чутливий до зміни тонусу нервової системи.

Дослідження проводилися на магістральних вулицях міста Львова, які подібні між собою за умовами руху (інтенсивності руху, поперечні профілі, тип покриття, тощо). Час проведення експерименту визначався періодами настання вечірніх та ранкових сутінок з міркувань встановлення залежності впливу рівня освітлення на ФС водія. У цей період проходить зорова адаптація людини до штучного освітлення.

Під поняттям «сутінки» розумілося період доби від заходу сонця, до настання повної темноти. Також враховано явище «цивільних сутінок» – час, коли висота сонця над горизонтом знаходиться в діапазоні від 0° до -6°51′. Саме в кінці цивільних сутінок вмикають освітлення проїзних частин міста. Зміна природного освітлення проходить відповідно до пори року (рис. 1).

©М.М.Жук, М.В.Бойків, Т.М.Пострaнський

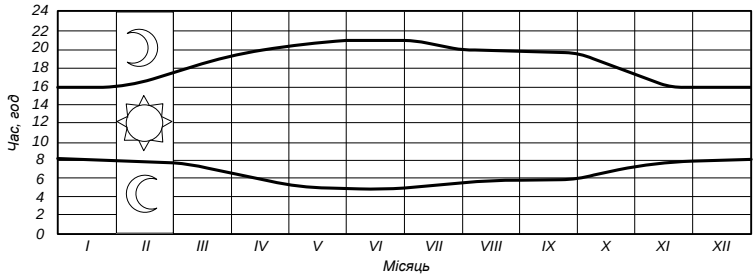


Рис. 1. **Зміна природнього освітлення відповідно до пори року**

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 мінімальна освітленість проїзної частини магістральних вулиць районного значення з інтенсивністю руху понад 2000 од./год. в обох напрямках має становити 15 лк. Щодо природнього освітлення на досліджуваній ділянці вулично-дорожньої мережі міста, то під час проведення досліджень, з використанням люксметра, встановлено його зміну до моменту увімкнення світильників (рис. 2). Після увімкнення засобів штучного освітлення, його рівень коливався в межах 16-20 лк.

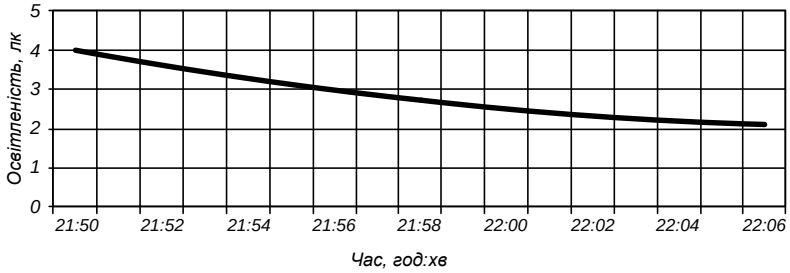


Рис. 2. **Зміна природнього освітлення при настанні вечірніх сутінок (місяць вересень*)***

Оскільки в період проведення досліджень, інтенсивність та щільність транспортного потоку знижуються, то і при визначенні ФС водія їх вплив не є суттєвим. В таких умовах важливим чинником впливу на водія є, власне, зовнішнє освітлення автомобіля та штучне освітлення вулиць та доріг.

Графічне відображення зміни ФС водія під час настання вечірніх сутінок і у світлу пору доби (для порівняння) наведено на рис. 3.

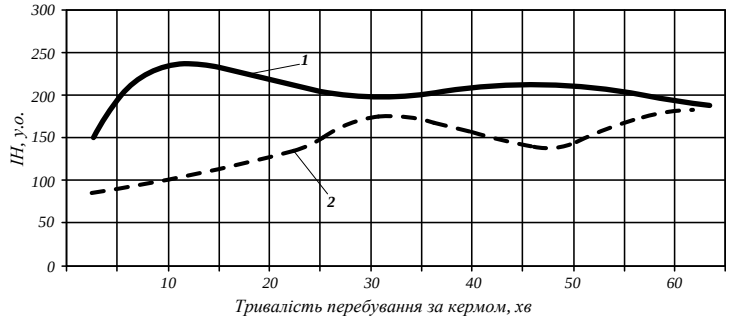


Рис. 3. **Зміна ІН водія при керуванні автомобілем під час настання вечірніх сутінок (1) та при русі вдень (2)**

Встановлено, що ІН сягав своїх найбільших значить в період з 21:50 до 22:10 (до 240 у.о.). Саме тоді рівень природнього освітлення стрімко знизився, а штучне – ще не увімкнулося. При зниженні рівня освітлення до 2,5 лк. ФС водія переходив у стан функціональної напруги. Це пояснюється тим, що при зменшенні рівня освітлення, знижується дальність видимості, тому водій більш зосереджений на процесі керування транспортним засобом. Слід зауважити, що за недостатньої видимості ІН водія значно більший, а ніж у світлий період доби.

©М.М.Жук, М.В.Бойків, Т.М.Пострaнський

Наступний етап підвищення емоційного напруження у водія спостерігався під час увімкнення зовнішнього освітлення вулиць. В таких умовах ІН коливався в межах 210 -220 у.о. Це свідчить про те, що водію потрібна відповідна тривалість для адаптації, тобто пристосування його очей до змінених умов освітлення.

Аналогічні дослідження ІН водія проведені під часу настання ранкових сутінок. Графічне відображення динаміки зміни ІН наведено на рис. 4.

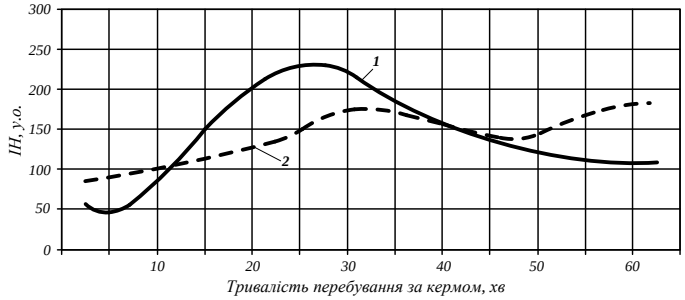


Рис. 4. **Зміна ІН водія при керуванні автомобілем під час настання ранкових сутінок (1) та при русі вдень (2)**

У період ранкових сутінок на початку руху водій перебуває у стані спокою. Це зумовлено відсутністю втоми у людини на початку робочого дня. Що ж стосується підвищення ІН, це пов'язано з адаптацією зору та вимкненням штучного освітлення вулиць і доріг міста. Найбільших значень ІН у ранковий період сягав 244 у.о., коли штучне освітлення проїзної частини вимкнули, а природнього освітлення було ще недостатньо, а найменших – 48 у.о, що пов'язано з низькою інтенсивністю руху транспортних засобів у ранковий період.

Висновки

На основі виконаних досліджень встановлено, що зміна освітлення, як природнього, так і штучного, в значній мірі впливає на ФС водія. ІН в даний період зростає до 244 у.о., що призводить до збільшення тривалості його реакції на 20%. Це зумовлено тим, що відповідно до зниженням рівня освітлення, знижується і дальність видимості. В результаті погіршуються умови руху транспортних засобів та знижується рівень безпеки руху. У зв'язку з цим виникає завдання врахування періоду адаптації зору людини до штучного освітлення у період настання вечірніх сутінок, та до природнього освітлення в період ранкових сутінок. Встановлено, що адаптація водія у ранковий період відбувається довше, ніж у вечірній, а ІН у цей період змінюється інтенсивніше.

1. Road Safety by Improved road lighting: road lighting measurements and analysis / Jelena Armas, Juhan Laugis // Режим доступу: http://matrix.ene.ttu.ee/files/kuressaare2007/Kuressaare 2007_83Armas-Laugis
2. Баєвський Р.М. Математичний аналіз зміни серцевого ритму при стресі / Р.М. Баєвський, О.М. Кирилов, С.З. Клецкин. – М: Наука, 1984. – 222с.
3. Буняев Н.И. Разработка метода и средств диагностирования автомобильных фар: дис. канд. тех. наук : 05.22.10 / Буняев Николай Иванович. – Харьков, 1989. – 195 с.
4. Кужель В.П. Вплив контрасту об'єкта розрізнення з фоном на видимість дорожньої обстановки в світлі автомобільних фар / В.П. Кужель, В.Л. Крещенецький // Вісник СНУ імені Володимира Даля. – 2009. – № 11 (141). – С. 118–122.
5. Кужель В.П. Дослідження особливостей сприйняття дорожньої обстановки водієм в темну пору доби / В.П. Кужель // Вісник ЖДТУ. – 2012.- №3 (62). - С. 94-101.
6. Кужель В.П. Оцінка дальності видимості дорожніх об'єктів у темну пору доби при експертизі ДТП за допомогою нечіткої логіки / В.П. Кужель // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – № 41. – С. 91–95.
7. Мисюк, Ю.П. Зовнішнє освітлення міст та безпека дорожнього руху / Ю.П. Мисюк // Міжнародний науково-технічний журнал "Світлотехніка та Електроенергетика". – 2010. – С. 33-39.
8. Рейцен Є.О. Дослідження операцій в містобудівництві / Є.О. Рейцен // Містобудування та територіальне планування. наук.-техн. збірник. – 2008. – № 31. С. 312-316
9. 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. - № 1/3 (61). - С. 33-35.
10. Жук М.М. Методика досліджень впливу функціонального стану водія на час реакції у складних і простих ситуаціях / М.М. Жук, В.В. Ковалишин // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – № 4. – С. 12-17.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014.

©М.М.Жук, М.В.Бойків, Т.М.Пострaнський

УДК 620.1(066)

Н.П.Зайчук, С.П.Шимчук, Н.Ю.Імбірович, Л.В.Назарчук
Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ЗНЕВУГЛЕЦЬОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗІ СТАЛІ ШХ15

В статті приведено особливості зношування зневуглецьованих поверхонь зі сталі ШХ15 при граничному терті в середовищі різних мастильних матеріалів

Ключові слова: *поверхневий шар, зневуглецювання, мікроструктури, зношування*
Рис 3. Табл. 2. Літ 5.

Н.П. Зайчук, С.П. Шимчук, Н.Ю. Имбирович, Л.В. Назарчук

ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ОБЕЗУГЛЕРОЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗ СТАЛИ ШХ15.

В статье приведены особенности изнашивания обезуглероженных поверхностей из стали ШХ15 при граничном трении в разных смазывающих средах.

N. Zaychuk, S. Shymchuk, N. Imbirovych, L. Nazarchuk

FEATURES DECARBONIZED WEAR SURFACES OF STEEL SH15.

The paper presents the features of wear surfaces of steel decarbonized SH15 with boundary friction in different lubricant media. Used for the test samples after decarburization and without it. Test conducted on selected samples in different lubricating wear environments on a certain method. From the test results can be seen that the samples after decarburization have greater wear rate than not decarburization samples in selected lubricating media that is displayed in the results of linear wear.

When testing decarbonized ball bearing detection surface such features:

- in the surface layer of the two zones are monitored - the complete and partial decarburization;

- wear resistance and mechanical properties of steel samples SH15, which were not decarburization better compared with analogical characteristics decarburized samples of the same steel.

Аналіз останніх публікацій та постановка проблеми. Зневуглецювання – дефект термічної обробки, який полягає у збідненні поверхневого шару сталі вуглецем. Для запобігання зневуглецюванню поверхонь деталей потрібно проводити нагрів у захисному протиокислювальному газовому середовищі або у вакуумі.

Зневуглецювання твердого металу проходить при термічній обробці, нагріванні під прокатування чи кування і поширюється на визначену глибину всередину металу залежно від температури та від тривалості нагрівання [1-3].

Часто нагрівають сталь, наприклад, для відпалу, в пічному газовому середовищі з надлишком повітря, щоб утворення окалини домінувало над зневуглецюванням поверхневого шару, оскільки окалина легше видаляється (травлення, піскоструйне очищення і т.п.), ніж зневуглецьований шар.

При проведенні зневуглецювання можна отримати дві зони – повного та часткового зневуглецювання (рис. 1).

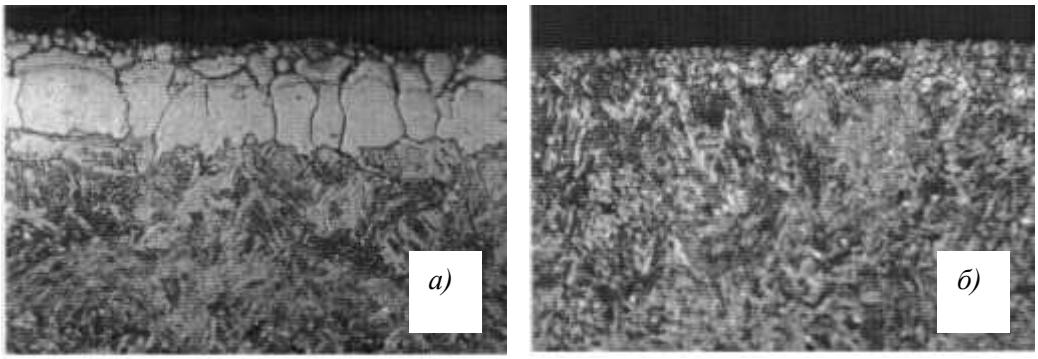


Рис. 1. **Зони повного *а)* та часткового *б)* зневуглецювання**

©Н.П.Зайчук, С.П.Шимчук, Н.Ю.Імбірович, Л.В.Назарчук

Зона повного зневуглецювання характеризується структурою чистого фериту (рис. 1, *а*), а часткового зневуглецювання характеризується структурою, яка відрізняється від структури основного металу (рис. 1, *б*). Для загартованих кілець підшипників зона часткового зневуглецювання характеризується зоною феритно-мартенситної структури, зоною маловуглецевого мартенситу або зоною мартенситу, збідненого карбідами.

На поковках глибина зневуглецьованого шару визначається по всьому периметру та вказується максимальне значення. Якщо це значення перевищує межу допуску глибини зневуглецювання, то вказують місце його розташування. На підшипникових роликах глибину зневуглецювання визначають по поверхні утворюючій циліндр.

Потрібно зазначити, що глибина зневуглецьованого шару повинна становити не більше 0,08 мм. Згідно вимірювань, глибина зневуглецьованого шару досліджуваних нами поверхонь становила 0,1 мм (твердість при цьому незначно знижується і становить 59...61 HRC, але забезпечуються необхідні фізико-механічні властивості та зберігається необхідний ресурс підшипників кочення [3]).

Методика випробувань. Умови трибовипробувань були наступні: геометрія контакту – ролик площина (лінійний контакт); матеріали пари тертя – ШХ15-ШХ15; швидкість ковзання ролика – $V_к$=0,3 м/с (f=185 об/хв); шлях тертя згідно використаної методики [4] L_1=500м; L_2=500 м; L_3=500 м; L_4=2000 м; максимальне контактне навантаження визначалось згідно рекомендацій Герца [5]; температура навколишнього середовища (Т) становила 20^{o}С.

Результати дослідження на зношування. Нами було взято зразки, що зазнали та не зазнали зневуглецювання та досліджено їх на зношування у різних мастильних середовищах за обраною методикою:

– у середовищі авіагасу ТС-1 при частоті обертання f = 185 об/хв і при навантаженні 5 кГ (50 Н);

– у середовищі моторного масла МС-20 при частоті обертання f = 185 об/хв і при навантаженні 110 кГ (1100 Н);

– у середовищі індустріального масла И-20 при частоті обертання f = 185 об/хв і при навантаженні 110 кГ (1100 Н).

Мікроструктури зневуглецьованої та незневуглецьованої поверхонь після тертя приведено на рис. 2.

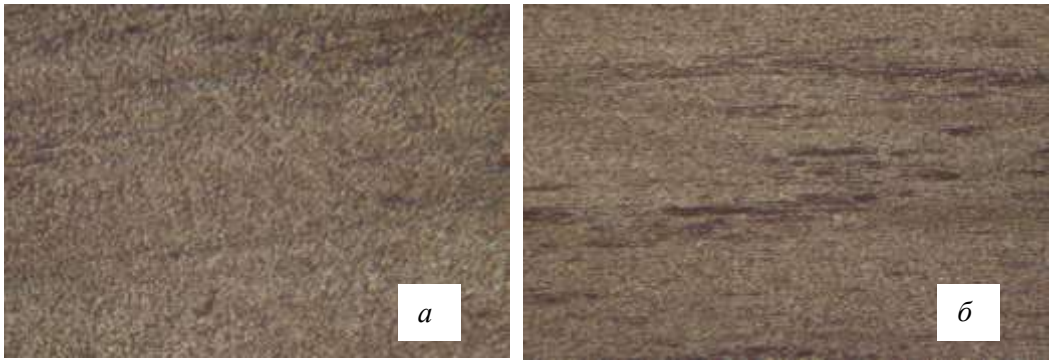


Рис. 2. **Мікроструктура поверхонь після тертя:**
***а* – без зневуглецювання;**
***б* – зі зневуглецюванням**

При терті у вибраних середовищах зневуглецьований зразок буде швидше зношуватися (рис. 3) і піддаватиметься наступним процесам:

– втомному крихкому руйнуванню робочих поверхонь тіл і доріжок кочення, що буде спостерігатись у вигляді раковин чи відшаровування (шелушінні) поверхні внаслідок циклічного контактного навантаження. Втомне крихке руйнування є основним видом руйнування підшипників кочення і зазвичай спостерігається після тривалої їх роботи, що супроводжується шумом і вібраціями;

– пластичній деформації на доріжках кочення внаслідок дії ударних навантажень або великих статичних навантажень без обертання.

Крім розглянутих процесів робочі поверхні підшипників кочення піддаються:

– при недостатньому мащенні чи занадто малих зазорах через неправильний монтаж задирам робочих поверхонь;

– абразивному зносу внаслідок поганого захисту підшипника від попадання пилу. Застосування відповідних конструкцій ущільнень підшипникових вузлів зменшує зношення робочих поверхонь підшипника;

– руйнуванню сепараторів від дії відцентрових сил і впливу на сепаратор тіл кочення. Цей вид руйнування є основною причиною втрати працездатності швидкохідних підшипників;

– розколюванню кілець і тіл кочення через перекоси при монтажі або при великих динамічних навантаженнях. Проведені дослідження дали можливість оцінити зношування зразків після певного пройденого шляху тертя. З отриманих результатів чітко видно, що зразки після зневуглецювання мають більшу інтенсивність зношування, ніж зразки, які не зазнали зневуглецювання у всіх вибраних нами мастильних середовищах, що прослідковується з отриманих результатів лінійного зносу та побудованих графіків.

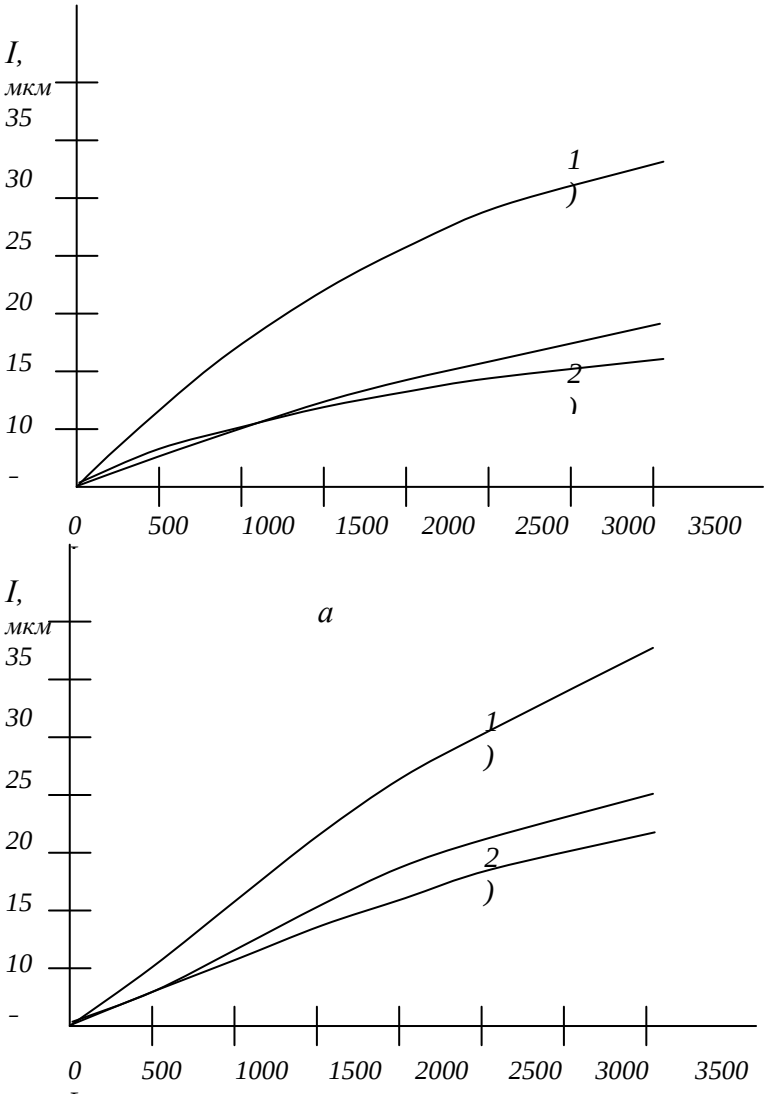


Рис. 3. **Зносостійкість досліджуваних зразків у середовищах авіагасу ТС-1 (1); моторного масла МС-20 (2); індустріального масла И-20 (3): а – без зневуглецювання; б – зі зневуглецюванням**

©Н.П.Зайчук, С.П.Шимчук, Н.Ю.Імбірович, Л.В.Назарчук

Для визначення впливу зневуглецювання на механічні властивості нами було досліджено на розривній машині зразки зі сталі ШХ15 до і після зневуглецювання. З отриманих результатів, які приведено у таблицях 1 і 2 зрозуміло, що ступінь зневуглецювання впливає на механічні властивості досліджуваної сталі.

Таблиця 1.

Показники міцності для зразка після загартування та відпуску без зневуглецювання

№ зразка	Відносне видовження δ,%	Відносне звуження ψ, %	Межа міцності σ, МПа
1	10,0	34,0	1270,0
2	6,1	26,7	1347,4
3	9,4	32,0	1227,4

Таблиця 2.

Показники міцності для зразка після загартування та відпуску зі зневуглецюванням

№ зразка	Відносне видовження δ,%	Відносне звуження ψ, %	Межа міцності σ, МПа
1	11,0	36,0	1120,0
2	6,7	28,3	1148,4
3	10,3	33,9	1082,6

Аналізуючи отримані результати доцільно зауважити, що процес зневуглецювання дещо погіршує механічні властивості досліджуваних зразків.

Висновки. Таким чином при дослідженні нами зневуглецюваних шарикопідшипникових поверхонь виявлено такі особливості:

– при зневуглецюванні можна отримати дві зони – повного та часткового зневуглецювання;

– зносостійкість та міцнісні властивості незневуглецьованих зразків зі сталі ШХ15 є дещо кращими, порівняно з аналогічними характеристиками зневуглецьованих зразків з цієї ж сталі.

1. Атаманюк В. В., Зайцев О. В., Иващук С. В. Превращения в закаленной стали ШХ15 при нагреве и охлаждении // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1991. – №2. – С. 8 – 10.
2. Окисление и обезуглераживание стали / Под ред. А. И. Ващенко. – М.:Металлургия. 1972. – 336 с.
3. В. І. Іванов, Т. М. Нестеренко, В. С. Баздирев Про зниження зневуглецювання сталі ШХ15 в термічних печах // Металознавство та обробка металів. – 2002. – №4. С. 8 – 11.
4. Стельмах А.У., Сидоренко О.Ю., Костюник Р.Е. Методика идентификации ГСМ по противоизносным и антифрикционным свойствам с учетом реальных условий их работы // Технологические системы. – 2002. – №3. – С. 96 - 101.
5. Hertz H., Collected works, 1881.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014.

©Н.П.Зайчук, С.П.Шимчук, Н.Ю.Імбірович, Л.В.Назарчук

УДК 629.3.07:631.372

О.В. Захарчук
Луцький національний технічний університет

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ДЛЯ РОБОТИ НА ПРИРОДНОМУ ГАЗІ

Визначено економічну ефективність переобладнання техніки для роботи на природному газі на прикладі колісного трактора МТЗ-80 з врахуванням вартості дизельного та газового палив, особливостей виконання ним транспортних робіт та вартості переобладнання.

Ключові слова*: колісний трактор, природний газ, експлуатаційні витрати, економічна ефективність, термін окупності.*

Табл 2. Форм 7. Літ 10.

О.В. Захарчук

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ДЛЯ РАБОТЫ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Определено эффективность переоборудования техники для работы на природном газе на примере колесного трактора МТЗ-80 с учетом стоимости дизельного и газового топлива, особенностей выполнения им транспортных работ и стоимости переоборудования.

Ключевые слова*: колесный трактор, природный газ, эксплуатационные расходы, экономическая эффективность, срок окупаемости.*

O.Zakharchuk

RATIONALE FOR ECONOMIC EFFICIENCY ALTERATIONS WHEELED TRACTOR TO RUN ON NATURAL GAS

The economic efficiency of conversion of vehicles to run on natural gas as an example of a wheel tractor MTZ-80 considering to the cost of diesel and gas fuels, features of the performance of transport operations and the cost of conversion was defined. The criteria of economic efficiency of using a wheel tractor with a gas engine is to reduce fuel costs, increase longevity, reduce harmful emissions into the atmosphere. The cost of conversion of gas into a diesel tractor is 8747 hrn. The annual economic effect of the operation is 12141 hrn. Motoresurs of gas engine tractor in terms of mileage to overhaul about 20 % compared with diesel. Total toxicity of exhaust gases in gas engine is reduced to carbon monoxide at 1.96 times smaller than of diesel. The tax on pollution of the atmosphere is reduced by 17.1%. Such a tractor can be successfully used as technological transport for indoor service with limited air exchange (greenhouses, farms, warehouses).

Keywords: *wheeled tractor, natural gas, running costs, cost effectiveness, payback period.*

Постановка проблеми. Відомо, що собівартість продукції аграрного сектору значною мірою залежить від витрат на моторне паливо для сільськогосподарської техніки. В якості двигунів на такій техніці використовуються дизелі. Але вартість дизельного палива весь час зростає, бо зростає ціна нафти на світовому ринку у зв'язку з вичерпанням її запасів. Тому пропонується переведення мобільної техніки на моторне паливо з хорошими показниками і яке є значно дешевше за дизельне паливо. Таким паливом є природний газ (ПГ). У минулі роки були зроблені спроби використання газового палива на сільськогосподарській техніці шляхом переобладнання дизелів у газодизелі [1]. Але газодизелі, які працювали на суміші газу і дизельного палива, виявили ряд недоліків: значно складніша система живлення, зменшення терміну служби розпилювачів форсунок, неповне заміщення дизельного палива газом, необхідність зберігання запасів двох видів палива на мобільному засобі. Тому газодизелі не набули поширення на сільськогосподарській техніці. Всебічний аналіз чисто газового двигуна на базі дизеля показує, що кращі економічні, екологічні та вартісні показники має двигун, конвертований з дизеля для роботи тільки на газі [2, 3, 4, 5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як показав аналіз наукових досліджень, на сьогоднішній день проводилось багато досліджень щодо визначення умов, сфер та економічної ефективності використання ПГ на транспорті.

В роботі [7] отримано економічний ефект від заміщення бензину ПГ. Разом із зменшенням збитку від забруднення навколишнього середовища України зменшення витрат

©О.В.Захарчук

оцінюється у 17,2…60 %. Експлуатація газобалонних автомобілів дозволяє отримати зростання на 15 % прибутків (в порівнянні з використанням бензину) на кожний автомобіль.

В роботі [8] отриманий річний економічний та екологічний ефект від експлуатації вантажних автомобілів ЗИЛ з різними типами двигунів. Показано, що найкращу економічну та екологічну ефективність мають газові двигуни на базі дизелів. Термін окупності капіталовкладень становить 1 рік.

В роботі [9] виконувались дослідження економічної ефективності експлуатації трактора МТЗ-82 з газовим двигуном з іскровим запалюванням. Показано, що термін окупності інвестицій на переобладнання трактора становить 8 місяців. При коефіцієнті завантаження двигуна 75 та 50 % чистий дохід від експлуатації трактора з газовим двигуном вищий на 37 та 65 % в порівнянні з трактором з газодизельним двигуном.

Собівартість транспортної роботи вантажних та спеціалізованих автомобілів при використанні газових палив менша на 9 – 11 % в порівнянні з бензиновими модифікаціями. Питомі витрати на паливо при використанні газових палив менші в порівнянні з бензиновими модифікаціями на 35 – 55 % [10].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. У виконаних раніше роботах не було досліджено економічну ефективність від використання ПГ в сільськогосподарській техніці.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення економічного ефекту від переобладнання колісного трактора шляхом використання газового палива під час виконання ним транспортної роботи.

Основні результати дослідження. Проект з вдосконалення конструкції колісного трактора може бути реалізований із залученням інвестицій або його ще називають «інвестиційним проектом».

Ефективність інвестицій визначається співставленням отриманого ефекту з величиною витрат. При розрахунку ефективності інвестицій враховуються витрати за всіма джерелами фінансування на створення нових, реконструкцію і розширення діючих основних фондів.

Загальна економічна ефективність інвестицій по галузях і підприємствах, де приймається показник зниження собівартості, визначається відношенням економії від зменшення експлуатаційних витрат до розміру інвестицій:

$$E_з = \frac{E_{е.в.}}{K}, \qquad (1)$$

де $E_{е.в.}$ – річна сума економії експлуатаційних витрат;

K – розмір інвестицій (в нашому випадку – витрати на переобладнання колісного трактора).

Одночасно з розрахунком загальної економічної ефективності інвестицій визначають величину, обернену до показника ефективності інвестицій, – термін окупності інвестицій:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_{е.в.}}. \qquad (2)$$

Визначення загальної ефективності необхідно для того, щоб виробити правильну структурну, інвестиційну і технічну політику, встановити найбільш ефективні напрямки науково-технічного прогресу.

Порівняльна ефективність інвестицій характеризує переваги одного варіанта організаційно-технічних заходів в порівнянні з іншими і оптимальність вибраного варіанта.

Річні експлуатаційні витрати, які змінюються при використанні іншого виду палива – це сума річних витрат на паливо і витрат на ТО і ПР:

$$B_е = B_п + B_{ТОПР}. \qquad (3)$$

Річна сума економії експлуатаційних витрат – це різниця річних експлуатаційних витрат техніки до модернізації та техніки після модернізації:

$$E_{е.в.} = B_{е1} - B_{е2}. \qquad (4)$$

Річний економічний ефект від застосування модернізованої техніки:

$$E_р = E_{е.в.} - E_Н \cdot K, \qquad (5)$$

де $E_Н$ – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності інвестицій для об’єктів нової техніки.

Податковий кодекс України передбачає екологічний податок за забруднення атмосфери пересувними джерелами (транспортні засоби).

Плата за забруднення навколишнього середовища ШР відпрацьованих газів двигунів ТЗ поділяється на плату за допустимі викиди і плату за викиди, які перевищують допустимі. Враховуючи особливості ТЗ, для них існує два основних види нормативів плати:

- базові нормативи плати встановлені в залежності від виду використаного палива (бензин, дизельне паливо, біодизельне паливо, ПГ, ЗНГ);
- базові нормативи плати встановлені в залежності від типу ТЗ.

Розмір плати залежить від кількості і екологічної якості використаного палива.

Податок за забруднення атмосфери визначається:

$$П = K_e \cdot B_{заг} \cdot Y, \qquad (6)$$

де K_e – коефіцієнт екологічної ситуації для міст;

$B_{заг}$ – кількість палива, витраченого колісним трактором за рік експлуатації, т;

Y – плата за допустимі викиди ШР, які утворюються при згорянні 1 т палива, грн./т (для дизельного палива – 74,05, для ПГ – 50,09).

Собівартість транспортної роботи колісного трактора з різними двигунами визначається:

$$S_{заг} = ФЗП_{вод} + B_n + B_{ТОПР} + B_{нв}, \qquad (7)$$

де $ФЗП_{вод}$ – фонд заробітної плати водія колісного трактора;

B_n – витрати на паливо;

$B_{ТОПР}$ – витрати на ТО і ПР;

$B_{нв}$ – накладні витрати.

Витрати на переобладнання колісного трактора МТЗ-80 включають в себе витрати на придбання обладнання, комплектуючих, вартість виготовлення оригінальних вузлів та заробітну плату виконавців робіт.

Результати розрахунку витрат на переобладнання колісного трактора для роботи на ПГ зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Вартість переобладнання колісного трактора для роботи на ПГ

№ з/п	Статті витрат	Сума, грн.
1.	Комплект газової паливної апаратури: - газові металопластикові балони (3 балони), які встановлюють на даху кабіни трактора	2400
	- редуктор триступінчатий Bigas	1300
	- інша апаратура	1200
2.	Комплект системи запалювання (від двигуна МеМЗ-245): - переривач-розподільник	70
	- котушка запалювання	110
	- комутатор запалювання	60
	- інші елементи системи	90
3.	Вартість виготовлення оригінальних вузлів: - привод переривача-розподільника	622
	- привод дросельної заслінки газоповітряного змішувача	150
	- впускний трубопровід	150
	- касета для кріплення газових балонів	300
	- дюралева прокладка головки блока циліндрів для зниження ступеня стиску газового двигуна	100
4.	Додаткові покупні деталі та матеріали : - прокладки головки блока циліндрів (2 штуки)	40
	- інші вироби	260
5.	Основна і додаткова заробітна плата виконавців монтажу обладнання (2 слюсарі)	1100,4

©О.В.Захарчук

6.	Транспортні витрати	795
	Всього	8747,4

Щоб виконати переобладнання колісного трактора, для роботи на ПГ, потрібно витратити коштів у розмірі 8747,4 грн. Сюди входить: вартість газового обладнання, вартість системи запалювання, вартість виготовлення оригінальних вузлів, вартість додаткових покупних деталей та матеріалів, вартість роботи двох слюсарів 4-го розряду тривалістю 3 робочих дні та транспортних витрат.

Потужність переобладнаного з дизеля газового двигуна з іскровим запалюванням під час його роботи на ПГ буде такою ж, як і у базового дизеля, тому продуктивність колісного трактора з таким двигуном не змінюється. Очевидно, що зменшиться собівартість транспортної роботи за рахунок використання дешевшого палива. Це при тому, що середня експлуатаційна витрата газового палива дещо більша у порівнянні з дизельним паливом (19 $м^3$/100 км пробігу та 16 л/100 км). Витрата 1 $м^3$ газу еквівалентна витраті 1 л дизельного палива [10].

Міжремонтний пробіг газового двигуна в 1,5 рази вищий в порівнянні з рідкопаливними двигунами, так як двигун працює в більш сприятливих умовах. Термін роботи свічок запалювання у газового двигуна на 40 % більший в порівнянні з бензиновим двигуном.

Газове паливо не змиває масляну плівку зі стінок гільзи циліндра. Це покращує умови мащення пар тертя гільзи – верхнього поршневого кільця. Газове паливо не дає лакових відкладень та нагароутворень в двигуні і системі живлення. Відсутність розрідження моторної оливи і зменшення його забруднення дозволяє в умовах експлуатації збільшити в 1,5 – 2 рази інтервали заміни моторної оливи і оливних фільтрів. Розхід моторної оливи в експлуатації зменшується на 10 – 12 % в порівнянні з рідкопаливними двигунами [10]. Тому моторесурс газового двигуна трактора в перерахунку на пробіг до капітального ремонту приблизно на 20 % більший в порівнянні з дизелем.

Критеріями економічної ефективності використання колісного трактора з газовим двигуном є зменшення затрат на паливо, підвищення довговічності, зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Вихідні дані для розрахунку зводяться в таблицю 2.

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту від переобладнання колісного трактора з газовим двигуном

№ з/п	Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення показника	
				Базовий колісний трактор	Модернізований колісний трактор
1.	Кількість одиниць	А		1	1
2.	Собівартість транспортної роботи	С	грн.	82175	67267
3.	Сукупні інвестиції у переобладнання	К	грн.	0	8747
4.	Середній річний пробіг	$L_р$	тис. км.	17,5	17,5
5.	Моторесурс двигуна трактора в перерахунку на пробіг до капітального ремонту	L_{kp}	тис. км.	150	180
6.	Лінійна норма витрати палива	$q_п$	л/100км $м^3$/100км	16,0	19,0
7.	Ціна палива (за цінами початку квітня 2014 р.)	$Ц_п$	грн./л грн./$м^3$	13,3	7,5

Річні експлуатаційні витрати колісного трактора з різними двигунами: з дизелем – 53007 грн., з газовим двигуном – 39554 грн.

Річна сума економії експлуатаційних витрат складатиме 13453 грн.

Річний економічний ефект від експлуатації колісного трактора з газовим двигуном буде 12141 грн.

Термін окупності інвестицій – 0,65 роки.

Податок за забруднення атмосфери для колісного трактора: з дизелем – 290 грн., з газовим двигуном – 241 грн.

За результатами розрахунків видно, що переобладнання дизеля в газовий двигун на колісному тракторі МТЗ-80 дасть значний економічний ефект за рахунок меншої вартості палива і збільшення ресурсу двигуна. Буде мати місце також екологічний ефект від зменшення кількості ШР за рахунок використання більш екологічного палива.

Висновки. Переведення навіть частини сільськогосподарської техніки на живлення ПГ дасть значний економічний ефект у масштабах держави. При переході на ПГ зменшуються затрати на паливо-мастильні матеріали. Термін окупності інвестицій на переобладнання складає 0,65 роки. Вартість переобладнання трактора у газобалонний складає 8747 грн., але надалі власник такого трактора буде економити 12141 грн. за рахунок використання більш дешевого палива. Моторесурс газового двигуна трактора МТЗ-80 в перерахунку на пробіг до капітального ремонту приблизно на 20 % більший в порівнянні з дизелем. Крім того має місце також екологічний ефект від зменшення забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами двигунів. В газового двигуна сумарна токсичність відпрацьованих газів, зведена до оксиду вуглецю, у 1,96 рази менша, ніж у дизеля. Податок за забруднення атмосфери зменшиться на 17,1 %. Тому такий трактор можна успішно використовувати як технологічний транспорт для обслуговування закритих приміщень з обмеженим повітрообміном (теплиці, ферми, склади).

1. Льотко В. Применение альтернативных топлив в ДВС / В. Льотко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 331 с.
2. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: монографія / В.П. Матейчик. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.
3. Бганцев В.Н. Газовый двигатель на базе четырёхтактного дизеля общего назначения / В.Н. Бганцев, А.М. Левтеров, В.П. Мараховский // Мир техники и технологий. – 2003. – №10. – С. 74–75.
4. Богомолов В.А. Особенности конструкции экспериментальной установки для проведения исследований газового двигателя 6Ч13/14 с искровым зажиганием / В.А. Богомолов, Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, А.И. Воронков, С.В. Салдаев, А.Н. Кабанов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – № 37. – С. 43–47.
5. Гайворонский А.И. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях / А.И. Гайворонский, В.А. Марков, Ю.В. Илатовский. – ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
6. Кутенёв В.Ф. Разработка газового двигателя на базе дизеля ЯМЗ – 236НЕ: разработки отдела энергосберегающих технологий и альтернативных топлив [Электронный ресурс] / В.Ф. Кутенёв, В.А. Лукшо // Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт – 2007. – Режим доступа к источнику: http://www.nami.ru/subdivisions/engines/energy-efficient technologies/development/.
7. Клименко О.А. Визначення умов і сфер раціонального заміщення бензину стисненим природним газом при експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / О.А. Клименко. – К.: УТУ, 1998. – 17 с.
8. Базаров Б.И. Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив: автореферат дис. докт. техн. наук: 05.04.02 / Б.И. Базаров. – Ташкент: ТАДИ, 2006. – 40 с.
9. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативних видах топлива: автореферат дис. докт. техн. наук: 05.20.01 / Г.С. Савельев. – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2011. – 43 с.
10. Морев А.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей / А.И. Морев, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт, 1988. – 184 с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©О.В.Захарчук

УДК 677. 07

Н.М.Защепкіна, І.А.Прохорова
Київський національний університет технологій та дизайну
Херсонський національний технічний університет

АНАЛІЗ АСОРТИМЕНТУ ТКАНИН ДЛЯ ПОШИТТЯ ЧОХЛІВ АВТОМОБІЛІВ

Велика кількість асортименту для пошиття чохлів для автомобілів потребує аналізу властивостей матеріалів. Представлені у продажу чохли відрізняються різноманіттям виконання, конструктивними особливостями та типом кріплення. Чохли выдрізняються і різновидом стилистики оформлення та матеріалів, які використовується для їх виробництва. Виходячи з того, що виробництвом тканин для чохлів у світі займаються різні компанії, пошив чохлів виконується біз обмеження з використанням різних матеріалів. Отже виникла потреба в аналізі асортименту цих матеріалів.

Ключові слова*: чохли, автомобіль, тканина, властивості, інтер'єр, зручність, комфорт.*
Літ 13.

Н.Н.Защепкина, И.А.Прохорова

АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА ТКАНЕЙ ДЛЯ ПОШИВА ЧЕХЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Большой ассортимент для пошива чехлов для автомобилей требует проведения анализа свойств материалов. Представленные в продаже чехлы отличаются большим разнообразием исполнений, конструктивными осбенностями и типом креплений. Различия есть также и в стилистике оформления, и в оформлении материалов, которые используют для производства чехлов. Исходя из того, что производством тканей и чехлов в мире занимаются различные компании, пошив чехлов происходит бех ограничения в использовании различных материалов. Таким образом, возникла проблема анализа ассортимента этих материалов.

Ключевые слова*: чехлы, автомобиль, ткань, свойства, интерьер, удобство, комфорт.*

N.Zashchepkina, I.Prohorova

THE ANALYSIS OF ASSORTMENT OF FABRICS FOR TAILORING OF COVERS OF CARS

The big assortment for tailoring of covers for cars demands carrying out of the analysis of properties of materials. The covers presented on sale differ the big variety of executions, design features and type of fastenings. Distinctions are as well in registration stylistics, and in registration of materials which use for manufacture of covers. Recognising that manufacture of fabrics and covers in the world the various companies are engaged, tailoring of covers occurs without restriction in use of various materials.

Automobile covers (covers for salon) is a reliable way to save up protogenic appearance of seats of salon and to avoid expensive dry-cleaner or facing. Autocovers preserve an upholstery seats from fading on the sun, pollution and premature deterioration. Also cars for seats will allow to replace covers in some minutes interior of your car, also will give to salon of your car unique original shape.

Covers are developed for seats of everyone concrete mark of the car. In manufacture the combination is used automobile fabrics "Gobelin", "Avtozhakkard". Autocovers laconically will be entered in an interior of any car without breaking convenience and comfort regular seats. But the main task consists that covers for seats should be made of qualitative fabrics.

Automobile fabrics should answer a number of high requirements, first of all it concerns physicomechanical properties of fabrics, such as durability and wear resistance. Autofabrics also should possess sufficient air permeability, low static electricity and dust presence . These characteristics should not worsen under the influence of high humidity of air, low and heats in which conditions cars are maintained. Qualitative autofabrics do not burn out on the sun and reliably protect elements of salon from a dust and a dirt. Thus, there was a problem of the analysis of assortment of these materials.

Keyword*s: covers, the car, a fabric, properties, an interior, convenience, comfort.*

Постановка проблеми. Сьогодні особливий попит серед населення мають чохли для сидінь автомобілів, які покупають не лише в якості стильного аксесуару для оформлення салону машини, але і з метою захисту сидінь від передчасного зносу.

Представлені у продажу автомобільні чохли відрізняються різноманітністю виконання. Різниться не лише конструктивна особливість чохлів, а і тип їх кріплення, а також різновид стилістики оформлення, а також матеріал, який використовується для виробництва цього виробу. Завдяки тому, що виробництвом тканин сьогодні займаються багато компаній, пошиття авточохлів може здійснюватися без обмежень з використанням різних матеріалів.

©Н.М.Защепкіна, І.А.Прохорова

Автомобільні чохли для салону – це надійний спосіб зберегти зовнішній вигляд сидінь салону і уникнути дорогої хімчистки або перетяжки. Авточохли зберігають оббивку сидінь від вицвітання, забруднення і передчасного зносу.

Ще однією приємністю є той факт, що чохли для сидінь дозволять змінювати інтер'єр автомобілю і надавати салону машини неповторний оригінальний вигляд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні для кожної марки автомобілів розроблені чохли, які відрізняються своїми типорозмірами.

Найчастіше для сидінь більшості авто використовується комбінація автомобільних тканин "Гобелен", "Автожаккард". Такі авточохли лаконічно вписуються в інтер'єр будь-якого автомобіля, не порушуючи зручність і комфорт сидінь. Нажаль дослідження асортименту матеріалів для виготовлення чохлів проводилося не достатньо. На сьогоднішній день є тільки рекомендації для застосування того або іншого матеріалу для пошиву чохлів для автоиобілів.

Мета дослідження. Отже метою даної роботи є вивчення асортименту матеріалів для виготовлення чохлів для автомобілів.

Основні результати дослідження. Автомобільні тканини повинні відповідати ряду високих вимог, передусім це стосується фізико-механічних властивостей тканин таких, як міцність і зносостійкість, мати достатню повітропроникність, низьку електризуємість і пилоємність. Ці характеристики не повинні погіршуватися під впливом високої вологості повітря, низьких або високих температур, в умовах яких експлуатуються автомобілі. Якісні автотканини не вигорають на сонці і надійно захищають елементи салону від пилу і бруду. Такі вимоги можуть виконати лише багатошарові тканини з сучасних матеріалів, тому провідні виробники тканин, які мають сучасне устаткування, продають тканини, зовнішній вигляд яких відповідає високим естетичним запитам сучасного покупця. Окрім цього, важливе значення мають гігієнічні вимоги, що пред'являються до автомобільних тканин, які мають бути нешкідливі для нашого здоров’я.

Як відомо, усі автомобільні чохли можна позділити на такі групи:

- спортивні;
- об'ємні;
- модельні;
- комбіновані;
- анатомічні;
- як окремий вид, можна винести чохли для підголовників і підлокітників.

Серед найбільш популярних матеріалів для виготовлення автомобільних чохлів, можна виділити: шкіру, флок, вініл, велюр, шкірзамінник і екошкіру.

Тканини автомобільного призначення займають одно з пріоритетних напрямів розвитку ринку текстильних оббивних матеріалів, внаслідок відпрацьованої технології виробництва, розробки тканин нових структур.

Актуальність цієї теми обумовлена тим, що в Україні відсутні дослідження текстильних матеріалів, які використовуються для оформлення салонів автомобілів. У зв'язку з цим не розроблена номенклатура показників споживчих властивостей цих матеріалів, немає нормативів рівня їх властивостей. Не вивчена довговічність матеріалів, їх ергономічні і естетичні властивості, і вплив на безпеку людини.

Перспектива виходу на світовий ринок текстильних матеріалів і зростаючі вимоги до безпеки з боку вітчизняних споживачів, надають все більшу актуальність в розробці та використанні тканин нових структур, натуральної сировини, удосконаленню технології їх виробництва.

Згідно до теми даної роботи приведено аналіз асортименту тканин для пошив чохлів автомобілів.

Розглянемо асортимент матеріалів, які сьогодні використовуються для оббивки автомобілів.

За результатами експертної і соціологічної оцінки визначена номенклатура показників споживчих властивостей оббивних тканин автомобільного призначення. Найбільш важливими

споживчими властивостями в порядку їх значущості є властивості, що характеризують надійність, гігієнічні, естетичні властивості і властивості безпеки.

Встановлена залежність показників надійності оббивних тканин від їх сировинного складу і структури. Внаслідок структурних особливостей, тканини з сумішевим скдадом натуральної сировини (вовна, бавовна, лубяні культури) і хімічних волокон характеризується найкращими показниками міцностних властивостей і по їх значеннях перевершує більшість оббивних тканин асортименту, який застосовується в автомобільній промисловості.

Флок - матеріал, який широко застосовується для оббивки меблів. Відносно дешевий, але, проте, міцний матеріал. Флок (у перекладі з німецького - "сніжинки" або "пластівці") - матеріал, найчастіше вживається для оббивки (декоративного обтягування) меблів. Також використовується і в салонах автомобілів. Флок - дуже практичний матеріал, по зручності використання (очищення, прибирання) порівняємо з натуральною шкірою, але на відміну від неї вільно "дихає" в жару і не дубіє в мороз. Має високу міру непромокальності, поверхню, приємну на дотик. Флок може забарвлюватися в різні кольори. Буває з тисненням і так званий "флок на флоке" - багатошарове покриття.

Флок робиться методом напилення в електростатичному полі мікроволокна на клейовий шар. Заздалегідь виткана основа рухається по верстату, на неї тонким шаром наноситься клейовий склад. З розташованого над верстатом бункеру частинки ворсу рівномірно висипаються на основу. Над основою створюють електростатичне поле, внаслідок чого наелектризовані частинки вибудовуються строго вертикально і близько один до одного. Завершальний шар виконує функцію лаку, який захищає флоковое покриття від ушкоджень і надає йому блиск і елегантність ("оксамитова"). Чистка флока робиться звичайнісінькими миючими засобами, включаючи хімічні. При цьому колір волокон залишається незмінним. Для видалення пилу і підтримки шовковистого блиску матеріалу, тканина необхідно регулярно обробляти пилососом.

Флок - нетканинний матеріал. Подвійне нанесення волокон дозволяє отримати різні поєднання тонів, а також глибокі, контрастні переходи. Флок відрізняється високою зносостійкістю, добре миється і чиститься.

Велюр - недорога, але приваблива і практична тканина.

Велюр (фр. velours – оксамит, від латів, villosus - волохатий, волохатий) - назва деяких матеріалів, що мають м'яку ворсову бархатисту лицьову поверхню. Велюр - чистововняна ворсована тканина з пряжі суконного прядіння, що має ворс дещо довший, ніж у оксамиту.

Автовелюру властиві висока еластичність при достатній стабільності фізико-механічних властивостей. Частенько базова обшивка сидінь автомобілів виконана велюром, як довговічним матеріалом, що має високі споживчі властивості. Тканина не сідає після чищення і не втрачає колір, є дешевим, міцним і пожежобезпечним матеріалом, відповідним для оббивки сидінь. Велюр широко використовується також як тканина для пошиття автомобільних чохлів. Велюр - ворсова тканина яка не линяє, і не дає усадку. Такий матеріал є водонепроникним. За способом виробництва цей велюр називається "розрізним". За способом оформлення ворсу велюр може бути гладким, фасонним, витисненим і інших видів. Ворс при цьому розташовується по-різному: вертикально по усій тканині, на окремих ділянках пригладжений в один бік, з тисненням, з розчухуванням по трафарету або укладанням у виді різноманітних малюнків. Велюр для оббивки м'яких меблів складних форм – це різні ворсові тканини, або тканини з основою, в якій поєднані натуральні бавовняні і вовняні, а також хімічні волокна.

На сьогодні в магазинах представлений широкий асортимент велюру, що відрізняється підвищеною міцністю і сучасними дизайнерськими рішеннями, розробленого спеціально для обшивки сидінь і перетяжки салону автомобілю, а також для перешивання сидінь автобусів і залізничних вагонів.

Автомобільний жаккард є гладкою тканиною з штучного шовку, із специфічним, щільним переплетенням ниток. Жаккард - тканина міцна, довговічна і зручна в експлуатації. Для виготовлення жакардових тканин потрібно наявність спеціального технологічно складного устаткування. Жаккард має хорошу повітропроникність, тому часто використовується для виготовлення авточохлів (у тому числі чохлів-майок) на сидіння, а також як матеріал для обшивки салону автомобіля у складі багатошарових тканин.

©Н.М.Защепкіна, І.А.Прохорова

Твід - натуральна вовняна тканина з невеликим ворсом, щільна, еластична. Цей вид тканини використовується для пошиття елегантного одягу : костюмів, спідниць, пальта. Обшите твідом авто вражає. Твід - тканина еластична, міцна і м'яка на дотик.

Поліамідні автотканини відрізняються високою міцністю, легкістю, еластичністю, зносостійкістю, вологостійкістю. Найчастіше в поліамидні тканини додають натуральні матеріали, наприклад вовну, завдяки чому тканина стає приємною на дотик, добре пропускає повітря і не електризується.

Автомобільні тканини з поліестеру - повітропроникні синтетичні тканини, стійкі до плям і дії сонячних променів. Головною перевагою автотканин з поліестру є м'якість і висока міцність. Поліестрові тканини стійкі до зминання, не розтягуються і не мають усадки. Тканини "не бояться" мілі і інших комах.

Алькантара - універсальний композиційний матеріал, виробництво якого поєднує в собі текстильний і хімічний виробничі процеси. Має високі водовідштовхувальні властивості, тканина стійка до забруднень, вогнетривка, міцна і довговічна. Матеріал м'який на дотик, витримує перепади температур в широкому діапазоні, добре піддається обробці і укладанню на різні поверхні, завдяки чому може застосовуватися в якості оббивної (у тому числі стельовою) тканини для салонів автомобілів.

Висновки

Асортимент тканин, що виробляється та використовується в нашій країні, різноманітний і налічує більше 4 тис. артикулів. Найбільшою різноманітністю відрізняється асортимент шовкових і вовняних тканин (65 тис. артикулів), великим різноманітністю асортименту характеризуються бавовняні тканини (25 тис артикулів). Найменш різноманітний асортимент лляяних тканин (10 тис. артикулів).

Асортимент тканин щорічно оновлюється на 10 - 15 % в результаті припинення виробництва тканин, що не мають попиту у населення, і масового випуску нових тканин.

Найбільше оновлення асортимент отримує завдяки застосуванню хімічних волокон, текстурованих і металізованих ниток, фасонної і високооб'ємної пряжі.Виробництво тканин безперервн росте.

1. Варковецкий М.М., Штут И.И. Построение обобщённого критерия качества текстильных материалов с учётом важности отдельных показателей // Текстильная промышленность. - 1972, № 7. - С. 64.
2. Вишневская Л.И. Исследование влияния волокнистого состава и строения на эксплуатационные свойства многокомпонентных тканей // Моск. ин-т нар. хоз-ва им. Г.В. Плеханова. Москва, 1977. - С. 21. (автореферат).
3. Мустаев И.Ф. Потребительские свойства оббивочных тканей автомобильного назначения // Санкт-Петербург. - 1999. – С.22. (автореферат).
4. Кокошинская В.И., Яковлева Л.А. Загрязняемость тканей из химических волокон // Текстильная промышленность». – 1972, № 6. — С. 80-82.
5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. М.: Легпромбытиздат. – 1992.- 272 с.
6. Перепелкин К.Е., Иванов М.Н., Куличенко А.В., Савина С.А. Методы исследования свойств текстильных изделий. Л. –1988. – 69 с.
7. Печкова Т. А. Технико-эстетические требования к отделочным материалам для средств автотранспорта. Вып. 1. – М. –1974. – 143 с.
8. Саутенкова В.А. Текстильные автомобильные обивочные материалы и требования к ним // Автомобильная промышленность. – 1980. – №9. – С. 37-39.
9. Шерстнёва Г.Г., Васильева А.К. Нетканое прокладочное полотно из отходов полиамидных нитей (для салонов автомобилей) // Автомобильная промышленность. –1987. – №2. – С. 25.
10. Automobil + Textilien // Maschen Ind. – 1997. – 47. – №9. – P. 585.
11. Bose P.J., Dwelts N.E. Application of scanning electron microscopy in textiles. Pt.l // Man-made Text. India. – 1994. –37. – № 2. – P. 57-61.
12. Car cover from Kimberly-Clark // Text. Technol. –Dig 1995. – 52. – №6. – P. 44.
13. Dubrovski P. Dobnik, Ziberna-Sujica M. The connection between woven fabric construction parameters and air permeability // Fibres and Text. East. Eur. – 1995 – №4. – P.37-41.

©Н.М.Защепкіна, І.А.Прохорова

1. Varkovechkay M.M., Shtyt I.I. Construction of the generalized criterion of quality of textile materials taking into account importance of separate indexes // Textile industry. - 1972, № 7. - C. 64.
2. Vishnevechkay L.I. Research of influence of fibred composition and structure on operating properties of multicomponent fabrics // of Моск. Un. of plank beds. a the name of G.V. Plehanova. Moscow, 1977. - C. 21. (abstract of thesis).
3. Mystaev I.F. Consumer properties of оббивочных fabrics of the motor-car setting // are Saint Petersburg. - 1999. - C.22. (abstract of thesis).
4. Кокoshinskay V.I., Iakovlev of JI.A. Dirt retention of fabrics from chemical fibres // Textile industry". - 1972, № 6. - C. 80-82.
5. Kykin G.N., Solovev A.N., Koblyakov A.I. Textile материаловедение. M. - 1992. - 272 p.
6. Perepelkin K.E., Ivanov M.H., Kylichenko A.V., Savina S.A. Methods of research of properties of soft goods. L. - 1988. - 69 p.
7. Pechkova T. A. Technical aesthetic requirements to finishing materials for facilities of motor transport. V. 1. - M. - 1974. - 143 p.
8. Saytenkova V.A. Textile motor-car обивочные materials and requirements to them // Motor industry. - 1980. - №9. - C. 37-39.
9. Shershneva G.G., Vasileva A.K. Unwoven gasket linen from wastes of polyamide filaments (for the salons of cars) // Motor industry. - 1987. - №2. - C. 25.
10. Automobil + Textilien // Maschen Ind. – 1997. – 47. – №9. – P. 585.
11. Bose P.J., Dwelts N.E. Application of scanning electron microscopy in textiles. Pt.l // Man-made Text. India. – 1994. –37. – № 2. – P. 57-61.
12. Car cover from Kimberly-Clark // Text. Technol. –Dig 1995. – 52. – №6. – P. 44.
13. Dubrovski P. Dobnik, Ziberna-Sujica M. The connection between woven fabric construction parameters and air permeability // Fibres and Text. East. Eur. – 1995 – №4. – P.37-41.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

©Н.М.Защепкіна, І.А.Прохорова

УДК : 677.074-026.7

Н.М.Защепкіна, А.П.Кутова
Київський національний університет технологій та дизайну
Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛІНГІВ

У даній статті на основі експертної оцінки визначені найбільш вагомі показники матеріалу для виготовлення слінгів, що впливають на експлуатаційні характеристики. Отже найбільш вагомими показниками є: деформація тканин при розтягуванні, стійкість тканин до дії мікроорганізмів, подовження при розтягуванні, міцність тканин на розрив при розтягуванні.

Ключові слова*: слінг, матеріал, властивості, експертна оцінка, експлуатаційні характеристики.*
Рис 1. Табл 6.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛИНГОВ

В данной статье на основе экспертной оценки определены наиболее значимые показатели материала для изготовления слингов, влияющие на эксплуатационные характеристики. Так, что наиболее весомыми показателями являются: деформация тканей при растяжении, устойчивость тканей к действию микроорганизмов, удлинение при растяжении, прочность тканей на разрыв при растяжении.

Ключевые слова*: слинг, материал, свойства, экспертная оценка, эксплуатационные характеристики.*

EFFECT OF MATERIAL PROPERTIES ON PERFORMANCES SLINGS

The most important characteristics of the material for sling (affecting on operating characteristics) are identified through peer review in this article. Production of high quality and competitive slings is possible using the latest domestic and international scientific achievements while manufacturing in the field of design engineering and materials science. Quality of children's clothing is largely dependent on the properties of the materials it is made of. Development and production of materials with the necessary technological and consumer properties are possible if information about the behavior of the material during its operation is obtained. Material properties, affecting on operating characteristics - these are properties of tissues that characterize their behavior during usage and determine their lifetime or durability, stability of the structure. Operating characteristics are among the most important, so you need to identify the most influential ones basing on the results of the peer review.

One of the most common and reliable is the method of peer review by specialists of sewing specialization, using it the most significant characteristics of the material for the sling were defined, they are: deformation of tissue tensile while stretching, resistance of the tissues to the action of microorganisms, elongation while stretching, strength of fabrics while stretching. The evaluation results will allow taking into the account most influential parameters during the stage of design, and thus to produce high quality product.

The issues of analysis of the current range of materials for the sling and the issues of investigation of physical and mechanical properties of materials for the sling require the further research.

Keywords*: sling, material, properties, peer review, operating characteristics*

Постановка проблеми. Випуск високоякісних і конкурентоспроможних слінгів можливий при використанні у виробництві останніх вітчизняних і світових наукових досягнень в області проектування технології та матеріалознавства. Якість дитячого одягу значною мірою залежить від властивостей матеріалів, з яких його виготовлено. Розробка і виробництво матеріалів з необхідними технологічними і споживчими властивостями можливі за наявності інформації про поведінку матеріалу при його експлуатації [3]. Експлуатаційні характеристики є одними з найважливіших для споживача, тому необхідно визначити які з них найбільше впливають на якість слінгів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах Г.Н.Кукіна, А.Н.Соловйова, Б.А.Бузова, А.І.Коблякової, Е.П.Дрегуляс, Ю.П.Зибіна, І.І.Шалова, А.Б Матуконі, В.М.Мілаппос, В.П.Скляннікова, К.Є.Перепелкіна, А.П.Жихарева, К.Г.Гущиної, Т.А.Модестової, Н.Д.Аліменковой, Б.П.Позднякова, Д.Ф.Симоненко, Н.А.Смірнової, Е.А.Мальцевої, А.М.Сталевіча, А.Г.Макарова, Л.А.Бекмурзаева, І.Ю.Брінк, Е.А.Кірсановой, Ж.Ю. Койтовой, В.Н.Белокурова, О.В. Голубевої та інших вчених-матеріалознавців вивчені і

©Н.М. Защепкіна, А.П.Кутова

розроблені методи дослідження експлуатаційних властивостей матеріалів, що застосовуються для виготовлення виробів легкої промисловості. Визначення впливу зовнішніх факторів особливо важливе для продукції пов'язаної з життєдіяльністю і здоров'ям дітей.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Для того, щоб виготовити конкурентоспроможний слінг, необхідно надати йому високі споживчі якості. Оцінка цих якостей майбутнього виробу на стадії проектування вимагає значних витрат часу. Подібні випробування швейних виробів базуються на оцінці результатів дослідної експлуатації, вимагають випуску пробної партії, застосування різних спеціальних пристосувань і пристроїв [7]. Незважаючи на значну кількість стандартів і технічних умов, що регламентують методики проведення випробувань, існуючі методи не дозволяють здійснювати прогноз показників якості, як текстильних матеріалів в умовах їх переробки, так і готових виробів в процесі їх експлуатації. Одним з найбільш розповсюдженних і достовірних є метод експертних оцінок фахівців швейного профілю, які здатні зпрогнозувати поведінку того, чи іншого матеріалу в процесі експлуатації, що дозволить на стадії проектування слінгів врахувати найбільш вагомі показники і, таким чином , отримати високоякісну продукцію [1,5].

Мета дослідження. Метою даної роботи є визначення впливу найбільш вагомих показників матеріалу, з якого виготовлений слінг, на експлуатаційні характеристики цього виробу на основі експертної оцінки. Визначення найбільш важливих показників матеріалу, при проектуванні слінгів.

Основні результати дослідження. У процесі проектування слінгів важливу роль слід приділяти вибору матеріалу, враховуючи особливості експлуатації даного виду виробу. Проведений аналіз експлуатації слінгу дозволив виявити наступні діючі фактори: розтягнення, тертя по площині, згинання, дія поту та сечі. Окрім цього на властивості матеріалу впливає багаторазове прання, сушіння, прасування, дія світло погоди [4].

Отже у процесі експлуатації слінгів різні фактори діють як роздільно, так і спільно, що призводить до поступового зносу. Під їх впливом тканина слінгу постійно руйнується, втрачає свої основні властивості, в результаті чого до кінця служби слінг стає непридатним для подальшої експлуатації.

Властивості тканин, що впливають на експлуатаційні характеристики – це такі властивості тканин, які характеризують їх поведінку в процесі експлуатації і визначають термін їх служби або довговічність, стабільність будови:

– Міцність тканин на розрив при розтягуванні. Цей показник є основним стандартним показником, що характеризує механічні властивості тканин і одним з найбільш важливих при проектуванні слінгу, адже слінг розрахований для дітей різної вікової категорії, починаючи з недоношених немовлят і до дітей 2-3 років і має бути пластичним і водночас тримати задану форму [6];

– Подовження при розтягуванні характеризує здатність тканини до деформації розтягування і виражається в міліметрах або відсотках. На подовження впливає волокнистий склад, будова, обробка тканин та інше;

– деформація тканин при розтягуванні. Велике значення для характеристики властивостей слінгу має подовження при навантаженнях менше розривних. У цьому випадку тканина деформується - подовжується, а після припинення дії навантаження знову коротшає, частково або повністю відновлює свою довжину;

– Стійкість тканин до багаторазових розтягувань. Здатність тканин протистояти багаторазовим деформаціям розтягування меншим, ніж розривні, називається їх витривалістю або довговічністю, а також показником втоми. Втомою тканини називають поступову місцеву зміну її структури, зміна форми і розмірів окремих ділянок;

– Стійкість тканини до істирання. Це важливий показник експлуатаційних властивостей, за яким судять про тривалість терміну служби тканин для слінгу. Зношування тканин від стирання відбувається по виступаючих гребенях ниток, при цьому волокна розриваються,

поділяються на частини і випадають [6]. Тканина стає рідкісною, зменшується її маса і, нарешті, тканина руйнується;

– Стійкість тканин до дії мікроорганізмів. Руйнування текстильних виробів мікроорганізмами відбувається при зберіганні їх в несприятливих умовах і при експлуатації в мокрому стані. У цих умовах мікроорганізми можуть викликати зниження міцності виробів, зміна їх забарвлення і блиску. Слід зазначити, що вироби пошкоджуються мікроорганізмами тільки в тому випадку, якщо складові їх речовини є живильним середовищем для мікроорганізмів,коли мова йде про немовля – це, насамперед, дія сечі та поту;

– Стійкість тканин до дії світло погоди. Дія світло погоди - це дія комплексу факторів: сонячного світла, вологи, кисню повітря, температури та інше. При опроміненні тканини сонячними променями в присутності кисню повітря, вологи відбувається складний фотохімічний процес руйнування (деструкції) речовини, що становить волокно;

– Стійкість тканин до зносу від прання. Це комплексний фактор зносу. В процесі прання, сушіння, прасування тканина піддається дії миючого складу, механічним зусиллям, стирання, теплового впливу, дії світло погоди та інше. У результаті багаторазових прань відбувається зміна зовнішнього вигляду поверхні тканини, ослаблення волокон і подальше їх випадання, що приводить до місцевих руйнувань.

В даний час в умовах традиційної форми проектування швейних виробів експертний метод як досить об’єктивний і практичний є основним при проектуванні і оцінці швейних виробів [2]. Для того, щоб виявити властивості тканини, які потрібно враховувати в першу чергу при проектуванні слінгу, було розроблено анкету та проведено експертне опитування фахівців швейної галузі, яким було запропоновано надати їх рангову оцінку.

Етап 1. Створення експертної комісії. Число факторів n = 8, Число експертів m = 7.

Етап 2. Збір думок фахівців шляхом анкетного опитування. Оцінку ступеня значущості параметрів експерти виробляють шляхом присвоєння їм рангового номера. Фактору, якому експерт дає найвищу оцінку, присвоюється ранг 1. Якщо експерт визнає кілька факторів рівнозначними, то їм присвоюється однаковий ранговий номер. На основі даних анкетного опитування складається зведена матриця рангів табл.1.

Таблиця 1

Зведена матриця рангів

Кількість експертів / Шифр показника	1	2	3	4	5	6	7
X1	4	4	5	4	4	4	4
X2	3	3	2	3	3	3	3
X3	1	2	1	1	1	1	2
X4	5	5	4	5	5	5	5
X5	6	7	6	7	6	6	6
X6	2	1	3	2	2	2	1
X7	7	6	8	6	7	7	7
X8	8	8	7	7	8	8	8

Так, як в матриці є пов'язані ранги (однаковий ранговий номер) в оцінках 4 -го експерта, зробимо їх переформування. Переформування рангів проводитися без зміни думки експерта, тобто між ранговими номерами повинні зберегтися відповідні співвідношення. Переформування рангів проводиться в табл.2.

Таблиця 2.

Переформування рангів

Номери місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів за оцінкою експерта	Нові ранги
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7.5
8	7	7.5

На підставі переформування рангів будується нова матриця рангів у табл.3.

Таблиця 3

Нова матриця рангів

Кількість експертів / Шифр показника	1	2	3	4	5	6	7
X1	4	4	5	4	4	4	4
X2	3	3	2	3	3	3	3
X3	1	2	1	1	1	1	2
X4	5	5	4	5	5	5	5
X5	6	7	6	7.5	6	6	6
X6	2	1	3	2	2	2	1
X7	7	6	8	6	7	7	7
X8	8	8	7	7.5	8	8	8

Отже матриця рангів має наступний вигляд у табл.4.

Таблиця 4

Матриця рангів

Кількість / Шифр	1	2	3	4	5	6	7	Сумма рангов	d	d^2
X1	4	4	5	4	4	4	4	29	-2.5	6.25
X2	3	3	2	3	3	3	3	20	-11.5	132.25
X3	1	2	1	1	1	1	2	9	-22.5	506.25
X4	5	5	4	5	5	5	5	34	2.5	6.25
X5	6	7	6	7.5	6	6	6	44.5	13	169
X6	2	1	3	2	2	2	1	13	-18.5	342.25
X7	7	6	8	6	7	7	7	48	16.5	272.25
X8	8	8	7	7.5	8	8	8	54.5	23	529
∑	36	36	36	36	36	36	36	252		1963.5

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum\sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 31.5 \quad (1)$$

Перевірка правильності складання матриці на основі обчислення контрольної суми:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+8)8}{2} = 36 \quad (2)$$

Сума по стовпчиках матриці рівні між собою і контрольної суми, значить, матриця складена вірно.

Етап 3. Аналіз значущості досліджуваних факторів. У даному прикладі фактори за значимістю розподілилися наступним чином (табл.5).

Таблиця 5

Розташування факторів за значимістю

Показники / (фактори)	X3	X6	X2	X1	X4	X5	X7	X8
Сума рангів	9	13	20	29	34	44,5	48	54,5

Етап 4. Оцінка середнього ступеня узгодженості думок всіх експертів.

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3-n) - m\sum T_i}, \quad (3)$$

де *S = 1963,5, n = 8, m = 7.*

$$T_i = \frac{1}{12}\sum(t_l^3 - t_l), \quad (4)$$

де T_i - число зв'язок (видів повторюваних елементів) в оцінках *i*-го експерта, t_1- кількість елементів в 1-й зв'язці для *i*-го експерта (кількість повторюваних елементів).

$$W = \frac{1963.5}{\frac{1}{12}7^2(8^3-8) - 7\cdot 0.5} = 0.96, \quad (5)$$

де W = 0,96 говорить про наявність високого ступеня узгодженості думок експертів.

Етап 5. Оцінка значущості коефіцієнта конкордації .

Для цієї мети розрахуємо критерій узгодження Пірсона:

$$\chi 2 = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(n+1) + \frac{1}{n-1}\sum T_i} \quad (6)$$

Обчислений χ2 порівняємо з табличним значенням для числа ступенів свободи *K = n - 1* і при заданому рівні значимості *α = 0,01.*

Так як χ2 розрахунковий *46.83 > табличного (18,47531), то W = 0,96* – величина не випадкова, а тому отримані результати мають сенс і можуть використовуватися в подальших дослідженнях.

Етап 6. Підготовка рішення експертної комісії. На основі отримання суми рангів можна обчислити показники вагомості розглянутих параметрів. Для цього проведемо наступні обчислення. Спочатку по кожному параметру обчислимо величини, зворотні сумі рангів, тобто:
$x_3 = 1/9 = 0.111$, $x_6 = 1/13 = 0.0769$, $x_2 = 1/20 = 0.05$, $x_1 = 1/29 = 0.0345$, $x_4 = 1/34 = 0.0294$, $x_5 = 1/44.5 = 0.0225$, $x_7 = 1/48 = 0.0208$, $x_8 = 1/54.5 = 0.0183$

Таблиця 6

Визначення коефіцієнтів вагомості параметрів

Показники	Величини, зворотні сумі рангів	Коефіцієнти вагомості показників	Коефіцієнти вагомості показників (збільшений у 100 разів)
x_3	0.11	0.31	31
x_6	0.0769	0.21	21
x_2	0.05	0.14	14
x_1	0.0345	0.0948	9,48
x_4	0.0294	0.0809	8,09
x_5	0.0225	0.0618	6,18
x_7	0.0208	0.0573	5,73
x_8	0.0183	0.0505	5,05

На основі експертної оцінки, розраховано коефіцієнти вагомості показників властивостей матеріалів, що впливають на експлуатаційні характеристики слінгів (рис.1).

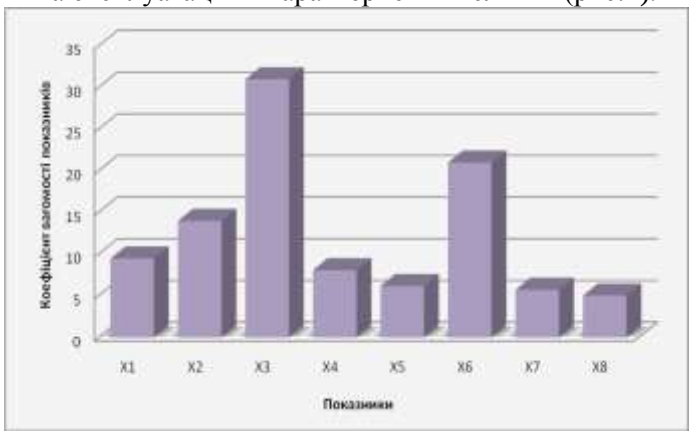


Рис.1 – **Результати розрахунку коефіцієнтів суттєво вагомих показників властивостей матеріалів, що впливають на експлуатаційні характеристики слінгів:**

***X_1* – міцність тканин на розрив при розтягуванні; *X_2* – подовження при розтягуванні;**

***X_3* – деформація тканин при розтягуванні; *X_4* – стійкість тканин до багаторазових розтягувань;**

***X_5* – стійкість тканини до стирання; *X_6* – стійкість тканин до дії мікроорганізмів;**

***X_7* – стійкість тканин до дії світло погоди; *X_8* – стійкість тканин до зносу від прання.**

Висновки

В результаті проведеного експертної оцінки показників властивостей матеріалів, які впливають на експлуатаційні характеристики слінгів найбільш вагомими є: деформація тканин при розтягуванні, стійкість тканин до дії мікроорганізмів, подовження при розтягуванні, міцність тканин на розрив при розтягуванні. Експертний метод допомагає не тільки точно оцінювати рівень промислової продукції, але і сприяє істотному поліпшенню якості ще на етапі проектування слінгів.Подальшого дослідження вимагають питання аналізу особливостей сучасного асортименту матеріалів для слінгу.

1. Лапшин В. В. Оценка показателей качества текстильных материалов в статических и динамических условиях / В. В. Лапшин, Н. А. Смирнова // Способ регулирования натяжения пряди в ходе процесса трепания. 2011. – № 3. – С. 11– 14.
2. Слітюк О. О. Методика оцінки естетичного рівня якості швейних виробів / О. О. Слітюк, А. С. Зенкін // Технологічні процеси. 2005. – № 1. – С. 43–48.
3. Кокоячук Ю. Б. Обґрунтування вибору пакета матеріалів для виготовлення дитячої куртки-рюкзака для скаутів / Ю. Б. Кокоячук, О. М. Троян, Л. С. Степанова // Вісник Хмельницького національного університету. 2012. – №5. – С. 79–83.
4. Супрун Н. П. Особливості конфекціювання матеріалів на комплект одягу для новонароджених / Н. П. Супрун, Ю. О. Ващенко, Ю.В. Левченко // Технології та дизайн. Технології та матеріали текстильної промисловості. 2012. – №2(3).– С. 28–35.
5. Ядов В.А. Социологическое исследование: методология, программа, методы. М., 1995. – С. 165–177.
6. Конфекціювання матеріалів для одягу: навч. посіб. / [Н. П. Супрун, Л. В. Орленко, Е. П. Дрегуляс, Т. О. Волинець]. – К.: Знання, 2005. – 159 с.
7. Голубева Е. В. Разработка технологии получения деформационных характеристик деталей конструкции швейных изделий : дис. кандидата тех. Наук : 05.19.04 / Голубева Елена Викторовна. – М., 2011. – 190 с.
8. Кукин Г.Н., Соловьов А.Н., Кобляков А.И Текстильное материаловедение (текстильне полотна и изделия). – 2 видання. – М.: Легпромиздат, 1992. – 272с.
9. Гордеев В.А., Штеклер А.И. Об одном способе расчета параметров намотки текстильных нитей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1977. – № 6. – С. 48-50.
10. 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.
11. 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.

1. Lapshin VV Estimation of quality textile materials under static and dynamic conditions / VV Lapshin , NA Smirnova / / A method for adjusting the tension strands during scutching process . – 2011. – № 3 . – P,11 –14.
2. Slityuk OO Methodology otsinki estetichnogo rivnya yakosti Sewing virobiv / OO Slityuk , A. Zenkin / / Tehnologichni process . – 2005 . – № 1 . – 43 .– 48 pp. Mystaev I.F. Consumer properties of оббивочных fabrics of the motor-car setting // are Saint Petersburg. - 1999. - C.22. (abstract of thesis).
3. Кокоshinskay V.I., Iakovlev of JI.A. Dirt retention of fabrics from chemical fibres // Textile industry". - 1972, № 6. - C. 80-82.
4. Kykin G.N., Solovev A.N., Koblyakov A.I. Textile материаловедение. M. - 1992. - 272 p.
5. Perepelkin K.E., Ivanov M.H., Kylichenko A.V., Savina S.A. Methods of research of properties of soft goods. L. - 1988. - 69 p.
6. Pechkova T. A. Technical aesthetic requirements to finishing materials for facilities of motor transport. V. 1. - M. - 1974. - 143 p.
7. Saytenkova V.A. Textile motor-car обивочные materials and requirements to them // Motor industry. - 1980. - №9. - C. 37-39.
8. Shershneva G.G., Vasileva A.K. Unwoven gasket linen from wastes of polyamide filaments (for the salons of cars) // Motor industry. - 1987. - №2. - C. 25.
9. 9. 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 . 10 . 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 . 11. 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 . /Automobil + Textilien // Maschen Ind. – 1997. – 47. – №9. – P. 585.
10. Bose P.J., Dwelts N.E. Application of scanning electron microscopy in textiles. Pt.l // Man-made Text. India. – 1994. –37. – № 2. – P. 57-61.
11. Car cover from Kimberly-Clark // Text. Technol. –Dig 1995. – 52. – №6. – P. 44.
12. Dubrovski P. Dobnik, Ziberna-Sujica M. The connection between woven fabric construction parameters and air permeability // Fibres and Text. East. Eur. – 1995 – №4. – P.37-41.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

©Н.М. Защепкіна, А.П.Кутова

УДК 624.21.004.69

І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник
Національний університет "Львівська політехніка", кафедра будівельного виробництва

НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛЕВОЇ ШПРЕНГЕЛЬНОЇ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛЬОТОМ 18,0 М

Проведено експериментальні дослідження натурних статично невизначених комбінованих конструкцій. Використані результати експериментальних і теоретичних досліджень металевої комбінованої статично невизначеної конструкції дають можливість використовувати конструкції такого типу в якості несучих сталезалізобетонних елементів.

Ключові слова*: натурні випробування, шпренгельна конструкція, мікроіндикатор, прогиномір.*
Рис 8. Літ 11.

Проведены экспериментальные исследования натурных статически неопределимых комбинированных конструкций. Использованы результаты экспериментальных и теоретических исследований металлической комбинированной статически неопределимой конструкции позволяют использовать конструкции такого типа в качестве несущих сталежелезобетонных элементов.

Experimental researches of the statically indefinite combined constructions of models are conducted. Drawn on results of experimental and theoretical researches of the metallic combined statically indefinite construction enable to use the constructions of such type in quality the steel elements of the reinforced concretes .

Theoretical and experimental researches from the study of work of the steel constructions are conducted, and also further theoretical analysis of these researches, convincingly confirmed them most efficiency both on operating and after technics and economic indexes. Simultaneously with experimental and design works are conducted from development of theoretical grounds, as a result of that the new going was created near the calculation of the steel constructions and quality estimation of work of elements of constructions taking into account the different sort of physical and mechanical factors that in a certain measure influence on the redistribution of efforts.

Вступ

Аналіз роботи комбінованих металевих конструкцій ще на стадії їх проектування дає можливість досягнути шляхом оптимізаційних розрахунків значної економії в витратах матеріалів. Ефект зменшення витрат матеріалів стає більшим при поєднанні в сумісній роботі металевих комбінованих конструкцій і залізобетонної плити в умовах регулювання зусиль як статично невизначених багатопрольотних нерозрізних конструкцій. Питаннями регулювання зусиль таких конструкцій займались [5, 7, 8], за кордоном дані проблеми висвітлені в [9-11]. З метою досягнення запропонований комплекс розрахунково-конструктивних і технологічних рішень, які дозволяють раціонально сформувати напружено деформований стан в перетинах сталезалізобетонних балок двотаврового перетину, з яких утворюється конструкція перекриття чи покриття [6]. На початковому етапі теоретичних розрахунків згідно розробленої методики, розглядаючи конструкцію комбінованої системи як стержневу структуру, порівняно легко враховувати довільні умови роботи просторової конструкції на будь-яке зовнішнє навантаження як при проектуванні, так і при розрахунку існуючих систем, ефективно використовуючи при цьому розроблені методи розрахунку стержневих систем в пружній стадії разом з методами розрахунку нелінійних пружних систем для стале залізобетонних елементів.

Мета роботи

Дослідити комбіновані металеві конструкції з врахуванням особливості їх регулювання і роботи під навантаженням, пов'язані з прийнятим способом будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основна розрахункова схема об'єднаного перетину комбінованої сталезалізобетонної конструкції основана на гіпотезі плоских перетинів і пропорційності напружень і деформацій. Дану розрахункову схему приймають в усіх випадках, коли найбільші напруження в плиті не перевищують розрахункового опору бетону на стиск. Її використовують також для визначення деформацій об'єднаних конструкцій.

Існуючі методи не відображають реальну роботу цілої конструкції, не враховуючи при цьому взаємодію між елементами (шпренгельною частиною), які входять в склад просторової конструкції, внаслідок чого отримуємо результати з певним (до 12%) запасом міцності, відмінною кривиною епюр згинальних моментів (особливо в середній частині балки жорсткості) і епюрою поздовжніх сил в елементах підвіски (значні недонапруження).

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник

Теоретичну розробку методики і алгоритму розрахунку регулювання напружено-деформованого стану комбінованих конструкцій проводили поетапно з метою вивчення впливу різноманітних факторів на напружено-деформований стан перерізів конструкцій, а саме:

- експериментальні металеві комбіновані конструкції;
- металеві комбіновані конструкції з різноманітною геометричною топологією;
- натурна експериментальна металева комбінована конструкція перекриття прольотом 18 м;
- натурна металева комбінована конструкція перекриття і покриття прольотом 10 м;
- натурна металева комбінована конструкція перекриття прольотом 12 м.

Проведені спеціалістами НДЛ-19 експериментальні дослідження по вивченню роботи комбінованих металевих конструкцій, а також подальший теоретичний аналіз цих досліджень переконливо підтвердили їх найбільшу ефективність як за експлуатаційними, так і за техніко-економічними показниками. Одночасно з експериментально-конструкторськими роботами одночасно проводяться роботи з розробки теоретичних обґрунтувань, в результаті яких було створено новий підхід до розрахунку комбінованих металевих конструкцій і якісної оцінки роботи елементів конструкцій з врахуванням різного роду фізичних і механічних факторів, які в певній мірі впливають на перерозподіл зусиль. Випробування і теоретичні розрахунки металевих однопролітних конструкцій виконані з метою визначення їх напружено-деформованого стану балок, оцінки впливу геометричної топології і навантажень на величину напружено-деформованого стану в перерізах конструкції в цілому і оцінки несучої здатності конструкцій. Для комбінованих систем проводились розрахунки по встановленню реальних діаграм «згинальний момент - прогин», «поздовжня сила - прогин» в залежності від величини і місця прикладання зовнішнього навантаження з метою подальшого використання отриманих діаграм для розрахунків, їх якісної і кількісної оцінки на кінцевий результат розрахунку.

Експериментальні дослідження

Співробітниками НДЛ-19 кафедри будівельного виробництва інституту будівництва та інженерії довкілля Національного університету «Львівська політехніка» запропонована при розробці робочого проекту реконструкції басейну санаторію «Женева» в м. Трускавці конструкція сталезалізобетонного перекриття будівлі. В конструктивно-технологічному проектуванні металевих СНКК приймали участь спеціалісти НДЛ-19 Національного університету «Львівська політехніка» сумісно з співробітниками ТзОВ «КНП» і ТзОВ «Спецпроектбуд». Науковцями «Львівської політехніки» проведені розрахунки і розроблені робочі креслення СНКК з використанням розроблених в НДЛ-19 методики і програмних комплексів.

СНКК розрахована в складі ригеля середнього прольоту трьохпрольотної рами за схемою 6+18+6 м. Висота рами 4.5 м (рис.1).

Конструктивно СНКК являє собою жорстку нерозрізну прокатну металеву балку (двотавр № 45 за ГОСТ 8239-89) по верхньому поясу, затяжку і шпренгельну решітку з двох спарених рівно поличкових кутників (125х125х10 за ГОСТ 8509-86) в межах прольоту. Об’єднувалися елементи фасонками товщиною 10 мм. Враховуючи значну загальну довжину конструкції (22 м), запроектовано два рівноміцні стикові з’єднання прокатної балки. Загальна висота конструкції складає 1500 мм.

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник

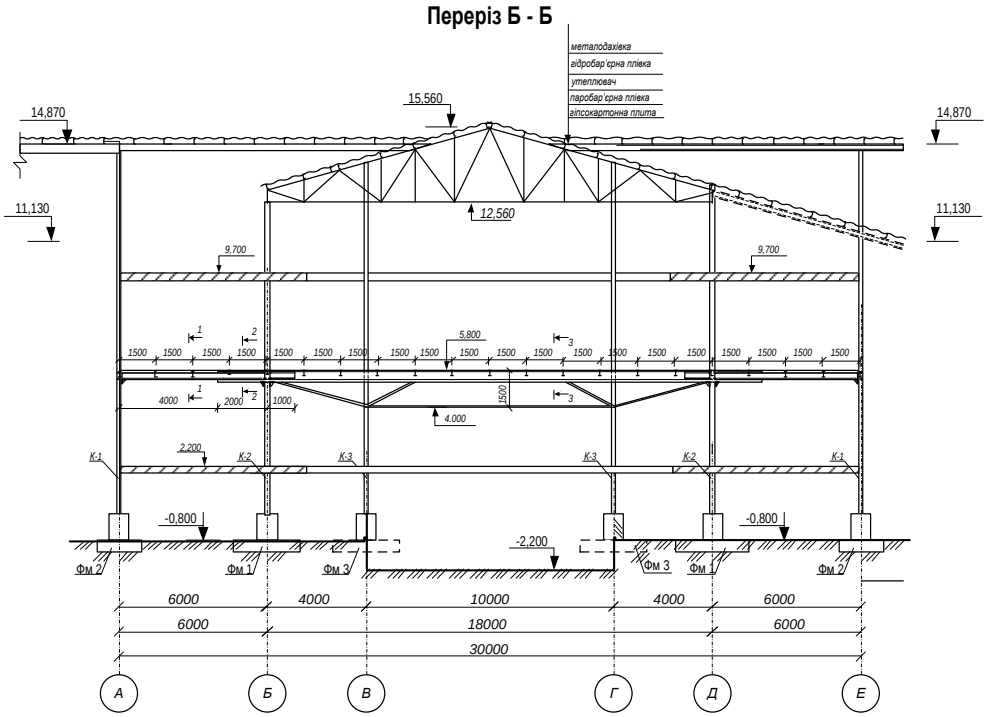


Рис. 1. **Статично невизначена комбінована конструкція (СНКК) перекриття**

Експериментальна конструкція

Для визначення напружено - деформованого стану, розподілу зусиль між елементами, жорсткості і перевірки попередньо проведених теоретичних розрахунків конструкції в цілому було проведено натурні випробування двох СНКК, виготовлених безпосередньо на будівельному майданчику спеціалістами ПП «БРІВМА–буд» і ТзОВ «КНП» під авторським наглядом науковців НДЛ-19. Випробування СНКК прольотом 18 м проводились за однопрольотною розрахунковою схемою (рис. 2).

Натурні випробування і дослідження СНКК проводилися в межах будівельного майданчику (рис. 3 і 4).

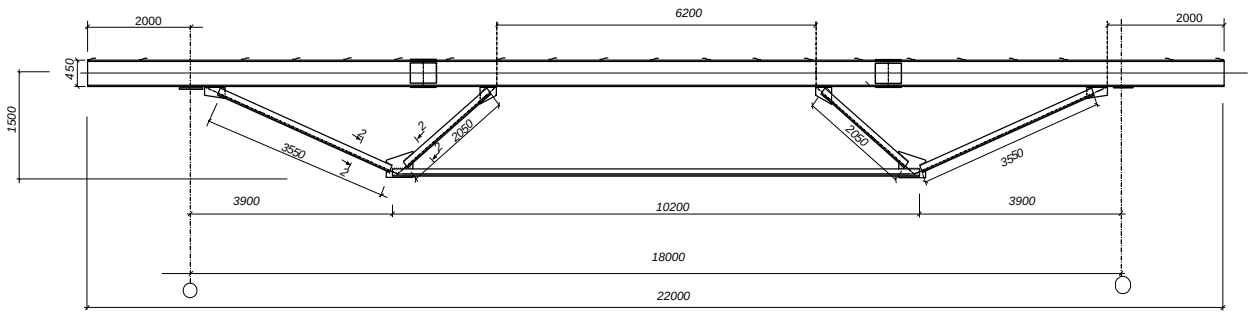


Рис. 2. **Металева СНКК прольотом 18 м.**

Для цього в прольоті 18 м було виставлено опори з фундаментних блоків. На металеві опорні столики поверх блоків встановлювалися дві СНКК на відстані 130 см одна від одної. Для забезпечення загальної стійкості конструкцій несучі елементи фіксувалися на опорах і розкріплювалися між собою по довжині металевими зв'язками.

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник



Рис. 3. **Експериментальна натурна металева СНКК.**



Рис. 4. **Завантаження СНКК.**

Завантаження СНКК здійснювалося фундаментними блоками ФБС 24-6 вагою 2 т (рис. 4), які встановлювали на верхній жорсткий пояс обох СНКК. Для забезпечення рівномірних навантажень на кожному етапі випуски блоків за межі СНКК ретельно контролювались. В одній точці одночасно встановлювалося по 2 блоки. Наступні два блоки етапу встановлювались в точці, розташованій симетрично відносно поперечної осі конструкції. Таким чином обидві СНКК на кожному етапі завантажувалися однаковим навантаженням, яке відповідало розрахунковому рівномірно розподіленому.

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник

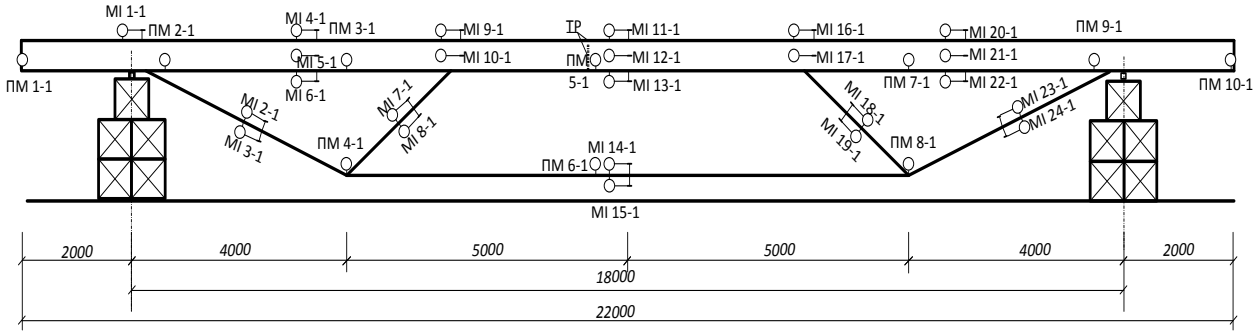


Рис.5. **Схема розташування експериментальних приладів.**

Поздовжні деформації елементів СНКК вимірювалися за допомогою тензорезисторів на базі 20 мм, які обслуговувалися автоматичним вимірювачем деформацій АВД-4М, і мікроіндикаторами на базі 200 мм. Прогини конструкції визначалися прогиномірами 6ПАО (рис.2, рис.5).

Для визначення поздовжніх деформацій в затяжках і розкосах решітки СНКК і виключення впливу деформації осі елементів, тензодатчики і опори мікроіндикаторів встановлювалися у верхній і нижній частині елемента в одному перетині на початку, по середині і в кінці стержня. На верхній прокатній балці для уточнення напружено - деформованого стану елементу тензодатчики встановлювали по всій висоті стінки балки у перетині, на нижній і верхній її поличці. Механічні індикатори розташовувалися на нижній, верхній поличках і посередині стінки балки (рис.5, 6).

Прогини конструкції контролювалися по середині прольоту і у вузлах СНКК. Також відслідковувалися просадки опор. Для контролю сумісності роботи конструкції прогини визначалися у вузлах решітки СНКК і у відповідних точках жорсткої балки над ними.

Порівняння теоретичних значень вертикальних переміщень вузлів балки жорсткості, розрахованих за розробленою методикою, з експериментальними по довжині прольоту балки жорсткості (відповідно криві 1, 2, 3 і 1’, 2’, 3’ на рис.8) показали достатньо близьку їхню сходимість. Різниця теоретичних і експериментальних результатів в залежності від величини зовнішнього навантаження становила 7 - 10%. Теоретичні розрахунки були проведені згідно українських [1, 2] та європейських нормативних документів [3, 4]

Використані результати експериментальних і теоретичних досліджень металевої комбінованої статично невизначеної конструкції дали можливість в подальшому використати конструкції такого типу в якості несучих елементів сталезалізобетонних перекрить будівлі басейну (рис. 7).



Рис. 6. **Монтаж дослідного обладнання на СНКК спеціалістами НДЛ-19.**



Рис. 7. **Використання комбінованих металевих статично невизначених конструкцій як несучих елементів сталезалізобетонного перекриття будівлі басейну.**

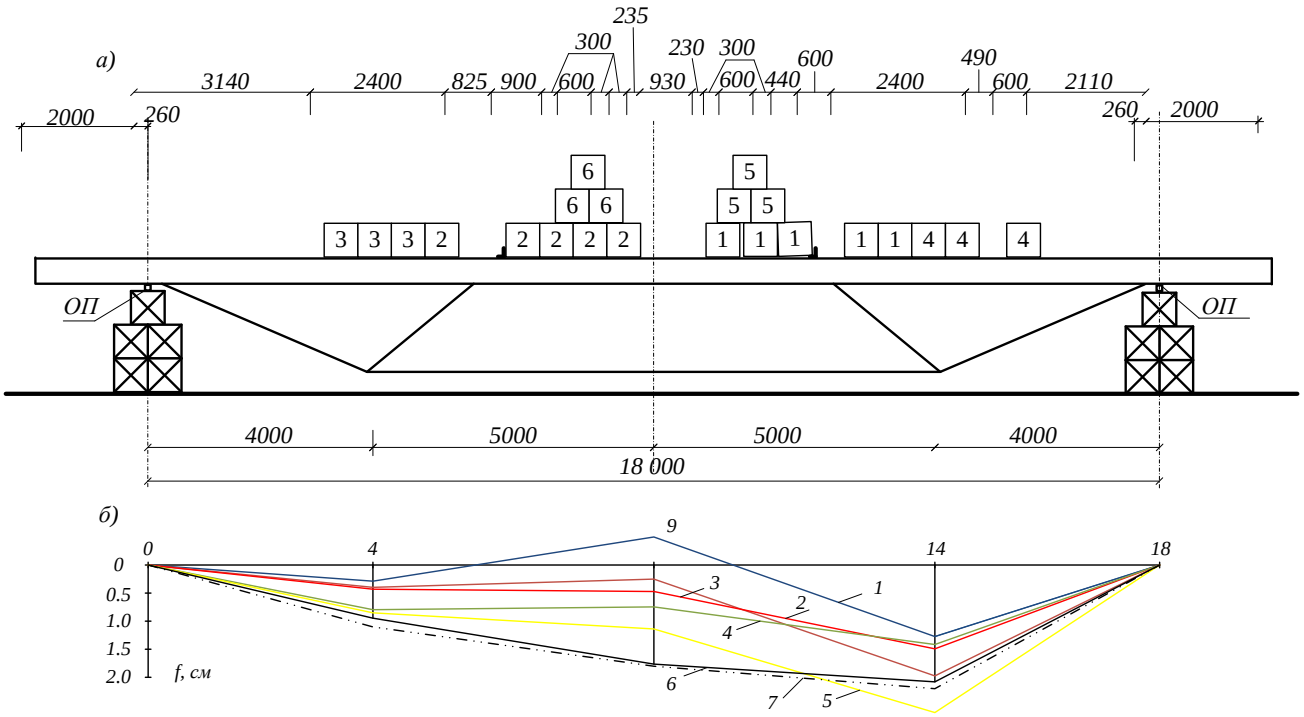


Рис.8. **Випробування комбінованої статично невизначеної конструкції: а) - схема завантаження конструкції; б) – епюри прогинів балки жорсткості: 1…6 – прогини балки жорсткості експериментальні при стадіях навантаження 1…6, 7 – прогини балки жорсткості теоретичні з розрахунку навантаження при стадії 6.**

Висновок

За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що теоретичні значення вертикальних переміщень вузлів балки жорсткості з експериментальними по довжині прольоту балки жорсткості показали достатньо близьку їхню збіжність. Різниця теоретичних і експериментальних результатів в залежності від величини зовнішнього навантаження становила 7-10%.

1. ДБН В. 2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» - Київ : Мінбуд України.,2011.
2. ДБН В. 2.6-163:2010 «Сталеві конструкці» - Київ : Мінбуд України.,2010.
3. EN1993-1- Eurocode 3: Design steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Пер. с английского.
4. EN 1993-1-11:2007 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-11: Design of structures with tension components.
5. 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
6. Іваник І.Г, Віхоть С.І. Розрахунок комбінованих конструкцій з використанням методу введення уявних шарнірів. Теорія і практика будівництва (Вісник НУ “Львівська політехніка” №545).-Львів, 2005.- с.74-78.
7. Забродин М.П. Экспериментальное исследование шпренгельных конструкций с перфорированной балкой жесткости и комбинированным предварительным напрежением /М.П.Забродин, В.В.Егоров// Металлические конструкции и испытания сооружений: межвуз. темат. сб. тр. ЛИСИ. – Л.: 1984, с. 147-154.
8. Лащенко М.Н. Регулирование напряжений в металлических конструкциях /М.Н.Лащенко// – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1966. – 192 с.
9. Kim T. Experimental evaluation of plate-reinforced steel moment-resisting connections/ T. Kim, A.S. Whittaker, V.V. Bertero // Journal of structural engineering. -2002. -Vol. 128, No. 4. - p. 483-491.
10. Maier G. Mathematical Programming Methods in Structural Analysis / G.Maier // In. Proc. Intern. Symp. on Variational Methods in Engng. Southampton, Univ. Press, 1973.-p. 8/1-8/32.
11. Sakano M. Reinforcement of a steel beam using a heated high-strength steel plate / M. Sakano, H. Namiki, N. Horikawa, S. Yamamoto, H. Tadano, Y. Osakada, K. Okabe // Technol Rep Kansai Univ., 2002.-No 44.-p.113-117.

Стаття надійшла до редакції 08.05.2014

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник

УДК 625.72:629.79:314.44:574.2

В.В.Івасенко, Т.П.Литвиненко
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВУЛИЧНО-ШЛЯХОВОЇ МЕРЕЖІ, ДОСТУПНОЇ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ

В даній роботі розглядаються основні нормативні вимоги до інформаційного забезпечення вулично-шляхової мережі з урахуванням потреб людей з обмеженими можливостями. Проаналізовані основні види засобів забезпечення інформаційного простору: тактильні поверхні, розмітка шляхів руху, інформаційні споруди, світлофори і світлові вказівники, пристрої звукового дублювання сигналів руху. Виконана їх класифікація.

Ключові слова: *вулично-шляхова мережа, засоби інформаційного забезпечення, маломобільні групи населення(МГН).*

Рис 2. Табл 4. Літ 11

В данной работе рассматриваются основные нормативные требования к информационному обеспечению улично-дорожной сети с учетом потребностей людей с ограниченными возможностями. Проанализированы основные виды информационного пространства: тактильные поверхности, разметка пути движения, информационные сооружения, светофоры и световые указатели, устройства звукового дублирования сигналов движения. Выполнена их классификация.

In this paper we consider the basic regulatory requirements for information support street and road network to meet the needs of people with disabilities. The basic types of software information space: the tactile surface marking paths of movement, information structures, lights and illuminated signs, devices, sound duplication traffic signal. Executed their classification. Analysis revealed that the established legal framework that reflects the major regulatory requirements are mainly focused on the accessibility of buildings and structures. Far fewer regulatory requirements covered street and road network . Not fully addresses the placement of information provision of facilities street and road network, which requires a more in-depth research to improve the modern regulatory requirements and the creation of a single legal instrument to meet the needs of all subgroups malomobilnyh population, and makes the task of further research.

Постановка проблеми. Кожна людина в певний період свого життя підпадає під визначення «маломобільна група населення», тому задача полягає у створенні комфортного, безпечного, інформативного, доступного вулично-дорожнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенням проблем, пов'язаних із удосконаленням вулично-шляхової мережі, зокрема питаннями щодо її облаштування, займаються провідні науковці і інженери світу: Джуді Літл (Берлінгтон, Онтаріо, Канада), Глен Піс (Гамільтон, Онтаріо, Канада), Дженіс Бейкер (Міссиссауга, Онтаріо), Торе Ланге (Норвегія), І.Дергаліна та Стена Сьодерстрьома (Швеція).

Теоретичними розробками для вирішення існуючих проблем в містобудуванні займалися: М.В.Бевз, В.М.Вадимов, Л.М. Ковальський, Н.Я. Крижановська,І.Г.Лежава, А.М.Рудницький, М.В. Шолух, Д.М.Яблонський та багато інших науковців.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. В цілому аналіз показав, що досить докладно розглянуті питання нормування планувальних параметрів (поздовжні і поперечні ухили, ширини проїздів, пандусні з'їзди і т.п.). Питання інформаційного забезпечення залишились недостатньо розкритими. Зовсім не розглянуті питання пристосування до потреб маломобільних груп населення підземних пішохідних переходів. Тому наша задача полягає у удосконалені і розроблені уніфікованих норм щодо створення безпечного, комфортного і інформативного вулично-дорожнього середовища з урахуванням потреб МГН.

Мета дослідження. Аналіз технічних засобів інформації, сигналізації та засобів зв'язку загального користування, доступних для МГН.

Основні результати дослідження. На основі проведеного раніше дослідження та аналізу вітчизняної та зарубіжної практики проектування, будівництва та експлуатації вулично-дорожньої інфраструктури, а також з урахуванням досвіду експериментального проектування та реконструкції об'єктів з організацією доступності визначено, що організація **безбар'єрної вулично-шляхової мережі** повинна мати такі основні критерії: доступність, безпека,

©В.В.Івасенко, Т.П.Литвиненко

комфортність, інформативність (рис.1). Критерії доступності, безпеки, комфортності розглянуті автором [11], проте не менш важливим є критерій, який безпосередньо впливає на перші три і є досить значним для людей з обмеженими можливостями. Це критерії **інформативності**, який виявив основні проблеми і засоби їх вирішення [рис.2]

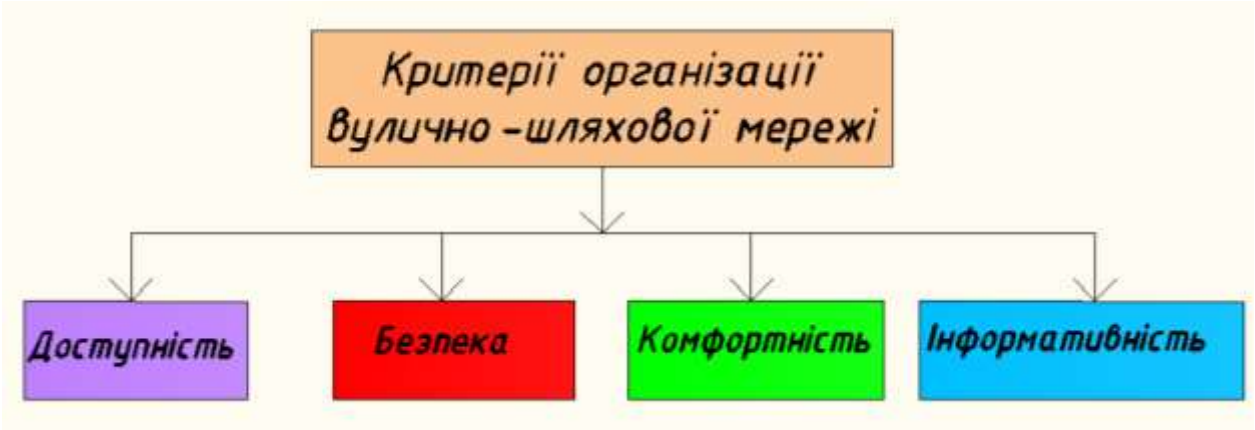
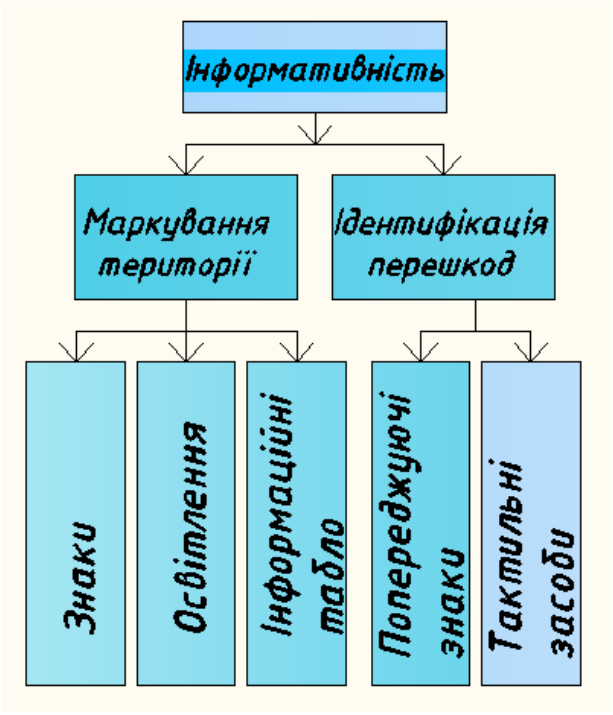


Рис. 1. **Основні критерії організації вулично-шляхової мережі з урахуванням потреб маломобільних груп населення**



В ході аналізу нормативної бази було встановлено, що проекти окремих вулиць, доріг, площ, і розташованих на них штучних споруд, повинні мати рішення з їх облаштування технічними засобами організації дорожнього руху, які забезпечували б регульоване, безпечне та зручне пересування учасників дорожнього руху, простоту візуального орієнтування водіїв і пішоходів і своєчасне сприйняття ними інформації[2].

Для виділення нерегульованих пішохідних переходів, зупинок громадського пасажирського транспорту, перехідно-швидкісних і додаткових смуг на поворотах, в'їздах-виїздах та інших ділянках, де здійснюється перетин шляхів руху транспортних засобів і пішоходів, а також зміна напрямку та швидкості руху і де необхідна підвищена безпека необхідно використовувати, за можливості, всі засоби інформаційного забезпечення[1].

Рис. 2. **Класифікація засобів інформативності**

В ході проведеної роботи були проаналізовані основні засоби організації дорожнього руху та технічні вимоги до них (табл.1). До технічних засобів організації дорожнього руху включають дорожні знаки, інформаційні табло, дорожню розмітку, напрямні пристрої, транспортні та пішохідні огорожі різних типів, світлофорне обладнання тощо[2].

Таблиця 1

Вимоги до технічних засобів організації дорожнього руху

Засіб організації дорожнього руху	Технічні вимоги
Острівці безпеки	Острівці безпеки для пішоходів і напрямні острівці улаштовуються на перетинах і переходах вулиць і доріг піднятими на 0,15 м над проїзною частиною[4]. Острівці безпеки влаштовуються за ширини проїзної частини більше 15 м, рівними ширині центральної розділювальної смуги, а в умовах її відсутності - завширшки не менше 2 м за рахунок звуження смуги руху до 3,25 м на магістральних вулицях і дорогах загальноміського та районного значення, а також за рахунок смуг озеленення і тротуарів. У випадку розширення проїзної частини у бік червоних ліній довжина ділянок розширення приймається, але не менше 40 м, мінімальний радіус заокруглення захисних елементів - 1 м. Довжину острівців приймається такою, що дорівнює ширині пішохідного переходу[3,5,7,10].
Тактильні засоби	Тактильні засоби, які виконують попереджуючу функцію на покритті пішохідних шляхів на ділянці розміщуються не менше ніж за 0,8 м до об'єкта інформації, початок небезпечної ділянки, зміна направлення руху і т.т. [1].
Засоби примусового зменшення швидкості	На пішохідних переходах поблизу загальноосвітніх шкіл, навчальних закладів при значній інтенсивності руху пішоходів без влаштування регульованого переходу перед переходами можуть улаштовуватися підвищення проїзної частини для примусового зменшення швидкості транспортних засобів[2,9].
Обмежувальна (латеральна) розмітка пішохідних шляхів руху	При суміщенні на ділянці шляхів руху відвідувачів з проїздами для транспорту рекомендується робити обмежувальну (латеральну) розмітку пішохідних шляхів на дорогах відповідно до вимог Правил дорожнього руху. Ширина смуг руху повинна забезпечувати безпечну розбіжність людей, в тому числі які використовують технічні засоби реабілітації, з автотранспортом. Смугу руху людей на інвалідних візках і механічних візках рекомендується виділяти з лівого боку на смузі пішохідного руху, пішохідних дорогах, алеях[2,3].
Лінії розмітки шляхів	Лінії розмітки шляхів для осіб з порушеннями зору виконується з використанням рифленої поверхні і з дублюванням кольором[1,4,7].
Тактильні вказівники	Тактильні вказівники встановлюються на наступних елементах шляхів руху: на зовнішніх, опуклих кутах будівель і споруд; на стовпах і огорожах[1,7,10].

В ході проведеного аналізу закордонного досвіду проектування вулично-шляхової мережі з урахуванням потреб людей з обмеженими можливостями було виявлено, що до *інформаційних засобів* відносяться:

• рельєфні, фактурні та інші види тактильних поверхонь шляхів руху на ділянках, дорогах і пішохідних трасах;
• розмітка шляхів руху, знаки дорожнього руху і покажчики;
• інформаційні споруди (стенди, щити та об'ємні рекламні пристрої);
• світлофори і світлові вказівники [6]; пристрої звукового дублювання сигналів руху[7].

©В.В.Івасенко, Т.П.Литвиненко

Регламентуються вимоги щодо улаштування інформуючих штучних плавних підйомів поверхонь шляху:

• на пішохідних шляхах перед входами в будівлі та споруди;
• на перетині пішохідних переходів із проїзною частиною;
• на шляхах руху інвалідів на електровізках для виділення перетину з пішохідним переходом.

Елементи інформаційної системи для маломобільних відвідувачів формуються у вигляді:

• точкових (локальних) інформаційних засобів або пристроїв, які влаштовуються при вході в приміщення, на відповідальних ділянках шляхів руху, в зонах нерегульованого руху;
• лінійних, що складаються з одного або декількох засобів і (або) пристроїв, що розміщуються на протяжних ділянках шляхів руху, у великомасштабних просторах з регульованими потоками руху; в планувально-невиражених зонах ділянок;
• інформаційних вузлів, що розміщуються біля входів в будівлі, споруди, комплекси, на шляхах руху, що перехрещуються, у спеціально відведених зонах. Це комплексні орієнтири та зберігачі інформації, що поєднують множинні засоби та пристрої, розміщені компактно[7,10].

Аналіз показав, що інформаційні пристрої можуть бути *візуальними, акустичними (звуковими) і тактильними*. Найменування груп, підгруп і видів інформаційних сигнальних пристроїв і засобів зв'язку, доступних для інвалідів, наведено в таблиці 2 [1,4,6,7,8,10]

Таблиця 2

Види інформаційних пристроїв

Група	Підгрупа	Вид
1.Технічні засоби інформації загального користування, доступні для інвалідів	1.1.Візуальні засоби відображення інформації	1.1.1. Друковані носії статичної інформації (вказівники, таблички, вивіски, щити, стенди, аплікації тощо) 1.1.2. Електронні носії статичної та динамічної інформації (табло, великі екрани, дисплеї тощо), в тому числі ті, що дублюють звукову інформацію й пристрої сурдоперекладу (для людей з дефектами слуху)
	1.2.Звукові засоби відтворення інформації	1.2.1. Акустичні засоби (мовні синтезатори, мовні оповіщувачі, гучномовці, репродуктори і т.п.), в тому числі пристрої звукового дублювання візуальної інформації (для людей з вадами зору) 1.2.2. Допоміжні аудіосистеми з індукційними контурами та їх елементи (пристрої звукового дублювання, навушники та ін)
	1.3.Тактильні засоби відображення інформації	1.3.1. Друковані носії статичної інформації, виконаної рельєфним шрифтом (вказівники, таблички і т.п.) 1.3.2. Друковані носії статичної інформації, виконаної шрифтом Брайля (вказівники, таблички і т.п.)
2.Технічні засоби сигналізації загального користування, доступні для інвалідів	2.1. Візуальні засоби сигналізації	2.1.1. Графічні засоби сигналізації, в тому числі знаки безпеки (попереджуючі знаки) 2.1.2. Світлові сигнальні пристрої, у тому числі світлові сигналізатори, світлові маячки, світлофори 2.1.3. Кольорографічні сигнальні пристрої, у тому числі сигнальні кольори, кольорова розмітка, контрастні кольорові смуги
	2.2.Звукові засоби сигналізації	2.2.1. Звукові сигнальні пристрої сигналізації (повідомляючі пристрої), в тому числі мовні оповіщувачі, звукові маяки 2.2.2. Звукові сигнальні пристрої аварійної та попереджувальної сигналізації, в тому числі попереджувальні оповіщувачі, аварійні звукові оповіщувачі, а також звукові сигнальні пристрої, що дублюють світлові сигнальні пристрої аварійної та попереджувальної сигналізації (для людей з вадами зору)
	2.3. Тактильні	2.3.1. Статичні тактильні пристрої, у тому числі тактильні

	засоби сигналізації	розмітки, тактильні смуги, тактильні покриття (плитки, рельєфні або фактурні засоби), штучні плавні підйоми, ухили й узбіччя (бордюрні камені) 2.3.2. Динамічні тактильні пристрої, у тому числі вібраційні сигналізатори, тактильні вібратори
3.Технічні засоби зв'язку загального користування, доступні для інвалідів	3.1. Засоби однобічного зв'язку	3.1.1. Гучномовці 3.1.2. Акустичні системи гучномовного зв'язку 3.1.3. Мікрофони 3.1.4. Ларингофони 3.1.5. Навушники
	3.2. Засоби двостороннього зв'язку	3.2.1. Гучномовні засоби зв'язку 3.2.2. Засоби зв'язку з підсилювачами прийому 3.2.3. Текстові засоби зв'язку, в тому числі з «рухомим рядком», факсимільні апарати 3.2.4. Таксофони

Розглядаючи сучасні нормативні вимоги проектування вулично-шляхової мережі були систематизовані основні вимоги до додаткових засобів інформації (таблиця 3 та 4):

Таблиця 3

Нормативні вимоги щодо улаштування акустичних пристроїв

Основні нормативні вимоги до акустичних пристроїв	
Загальне призначення	*Акустичні пристрої* та засоби, призначені для надання допомоги особам з вадами зору, а також для дублювання візуальної інформації в найбільш відповідальних місцях. До них відносяться: звукові маячки; шумові індикатори; засоби звуковідтворення, мовні синтезатори; індукційна петля в залі для глядачів і інші електроакустичні (звукопідсилюючі) пристосування[1,7,10].
Параметр звукових сигналів	Параметри *звукових сигналів*, що виробляються звуковими сигнальними пристроями для дублювання сигналів світлофорів і призначених для пішоходів-інвалідів з порушенням функції зору, а також параметри дотикових сигналів переходу, вироблених тактильними вібраторами для дублювання сигналів світлофорів і призначених для пішоходів-інвалідів з порушенням функцій зору і слуху[7].
Звукові маячки	*Звукові маячки* (підгрупа 2.2), що попереджають про наявність небезпечної зони на шляху руху інвалідів (зміна напрямку колії або перетину шляхів руху, або небезпечну ділянку дороги), можуть бути електричними, механічними або електронними, з приводами у вигляді вимикачів, фотоелементів, сенсорних вимикачів, кінцевих електровимикачі і т.п. Приводи їх дії слід розміщувати не ближче 0,8 м від початку небезпечної зони. *Тривалість передачі звукового сигналу* звукових маячків повинна бути не менше 5 с, а інтервал між сигналами - 2 с. Апаратура приводу їх в дію повинна знаходитися не менше ніж за 0,8 м до попереджаємої ділянки шляху[7].
Рекомендації щодо звукового відтворення	Рекомендується використовувати шумові індикатори, які відтворюють звуки: метронома; дзвіночків або ксилофонних пластин; звуків ударних інструментів. Розміщують шумові індикатори поза смугою руху, але з приводами, що реагують на рух по цих смугах[2].

Система сигналізації	*Система сигналізації,* яка попереджає і (або) повідомляє в наземних засобах громадського пасажирського транспорту, повинна включати в себе: світлові сигнальні пристрої і (або) звукові сигнальні пристрої, прилади автоматичного або ручного управління подачею сигналів з кнопковим приводним елементом контактного типу, площею не менше 0,0016 м², і інші елементи, необхідні для подачі попереджувальних і (або) повідомляючих світлових і (або) звукових сигналів[6,7].

Таблиця 4

Нормативні вимоги до тактильних пристроїв

Основні нормативні вимоги до тактильних пристроїв	
Загальне призначення	Для забезпечення інвалідів з порушенням функції зору (сліпих) *інформацією*, яка повідомляє про місцезнаходження і призначення елементів будинків, а також про направлення шляхів руху в комунікаційному просторі. При створенні інформаційних систем в архітектурному середовищі передбачаються тактильні засоби відображення інформації і сигналізації, в тому числі таблички і покажчики з нанесеними на них рельєфними написами, знаками, символами, а також написами, знаками і символами, виконаними шрифтом Брайля; тактильні розмітки і покажчики шляхів руху інвалідів, у тому числі тактильні інформаційні плити дорожнього покриття з нанесеними на них рельєфними смугами[1].
Висота розміщення	Оптимальна висота розміщення тактильної інформації - 0,6-1,1 м, а в зоні шляхів руху - на висоті 1,2-1,6 м. На поручнях уздовж шляхів руху і на їх кінцях встановлюються тактильні покажчики з рельєфним шрифтом. На посадкових майданчиках необхідно забезпечити умови, що запобігають небезпеці ковзання та травмування користувача. Використання полірованих матеріалів в якості обробки підлоги платформи і посадкових майданчиків не допускається[1].
Параметри висоти і ширини шрифтів	Висота великих літер написів на покажчиках, укріплених під стелею приміщення на висоті більше 2 м, виміряної від підлоги приміщення до нижньої кромки покажчика, повинна бути не менше 0,075 м. Літери українського алфавіту та арабські цифри знаків повинні бути опуклими (висотою не менше 0,0008 м), прописними, виконаними шрифтом, а також, при необхідності, - шрифтом Брайля. У друкованих засобах відображення інформації елементи шрифту Брайля мають такі розміри, м: - Основний діаметр елементу символу – 0,0015; - Інтервал між елементами символу – 0,0023; - Крок символів – 0,0006; - Крок рядка – 0,001. Шрифт і символи повинні бути контрастними: або світлими на темному тлі, або темними на світлому фоні. Літери і цифри знаків повинні мати відношення ширини до висоти від 3:5 до 1:1, а відношення ширини штрихів до їх висоти - від 1:5 до 1:10. Букви і цифри знаків повинні мати розміри, що відповідають полю зору з урахуванням відстані до спостерігача[7]. З метою забезпечення адаптації знакової інформації загального користування до потреб інвалідів, які мають обмежений периферійний зір (наприклад, внаслідок обмеження руху голови) або порушення функції зору (короткозорість), рекомендується поле зору обмежувати кутом зору. Дане поле становить 30 ° по обидві сторони від осі симетрії особи. Необхідно скорочувати відстань від знака до

	спостерігача-інваліда при необхідності збереження незмінним розміру знака або при необхідності збереження незмінним відстані від знака - збільшувати розмір знака[10].
Колір	*Колір* фарбування повинен бути контрастним. Забарвлення елементів посадкових майданчиків, огорожі шахти і платформи повинна бути матовою і не повинна створювати відблисків[1,7].
Небезпечні ділянки	Небезпечні для інвалідів об'єкти і простори на ділянці обмежується бортовим каменем висотою не менше 0,05 м. Огородження небезпечних ділянок на шляху руху інвалідів з вадами зору розташовують у зоні досяжності тактильної тростини. У темний час доби рекомендується застосування світлових або підсвічених знаків і покажчиків, в тому числі рекламних, світлофорів на пішохідних шляхах, розмітки із світлоповертаючих знаків, вмонтованих в покриття (типу «котячі очі») та застосування світлових ниток. Грати зливостоків та трапів не повинні мати отвори більше 0,01 м, а також подовжнє і діагональне (30 ° і менше) розташування щілин по напрямку руху людей [7]. *Візуальні засоби* відображення інформації, пристосовані для тактильного сприйняття (контакту), повинні бути розміщені в зоні шляхів руху на висоті від 1,2 до 1,6 м. Пристрої зв'язку для осіб з вадами зору повинні мати кольорові та тактильні засоби впізнання, а для осіб з дефектами слуху - регульоване звукопідсилення [1]. Крім того, *попереджувальну сигналізацію* для людей з повною або частковою втратою зору про наближення до перешкод (сходів, пішохідного переходу, закінчення острівця безпеки, краю платформи тощо), яка доповнюється зміною фактури поверхневого шару покриття доріжок і тротуарів, застосуванням *інформаційних плит* дорожнього покриття і яскравим контрастним забарвленням. Світлові сигнали світлофорів і світлові сигнальні пристрої, що регулюють рух пішоходів через транспортні комунікації, а також у місцях, що представляють собою небезпеку для інвалідів з порушенням функції зору, повинні бути дубльовані звуковими і (або) дотичними сигналами[7]. Огородження небезпечних ділянок на шляху руху інвалідів з порушенням функції зору розташовують у зоні досяжності тактильної тростини[1,10].

Висновки з даного дослідження. Аналіз виявив, що створена нормативна база в якій відображені основні нормативні вимоги в основному орієнтована на забезпечення доступності будівель і споруд. Значно менше охоплена нормативними вимогами вулично-шляхова мережа. Не повно розглядаються питання влаштування інформаційного забезпечення на існуючих об’єктах вулично-шляхової мережі, що потребує більш поглибленого дослідження з метою удосконалення сучасних нормативних вимог і створення єдиного нормативно-правового документу з урахуванням потреб всіх підгруп маломобільного населення, що і складає задачі подальших досліджень.

1. Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення: ДБН В.2.2-17:2006. – [Чинний від 2007-05-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 21 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. - [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В. 2.3–5 – 2001. - [Чинний від 2001-10-01]. – К.: Держбуд України, 2001. – 126 с. – (Державні будівельні норми України).

©В.В.Івасенко, Т.П.Литвиненко

4. Благоустрій територій: ДБН Б.2.2 – 5:2011 - [Чинний від 2012-09-12]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 64 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Асамблея 2007 рік. Доступність до об'єктів житлового та громадського призначення для людей з особливими потребами. Асамблея 2012. - Київ – 2012 видання V, доповнене – 248 с. – (Методичний посібник).
6. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092-2002. – [Чинний від 2003-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2003. – 27 с. – (Національний стандарт України).
7. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения: СНИП 35-01-2001. - [Принят и введен в действие 2001-09-01] – Москва, Госстандарт России, 2001. – 17 с.
8. Средства связи и информации технические общего пользования, доступные для инвалидов. Классификация. Требования доступности и безопасности: ГОСТ Р 51671-2000 - [Принят и введен в действие 2000-11-21] – Москва, Госстандарт России, 2000. – 24 с.
9. "Accessibility in Public Accommodations". 581: Readily Achievable Checklist .ADA Compliance Guide, USA, Thompson Publishing Group, December 1991. pp. 113-119.
10. DIN EN 12272−3−2003. Surface dressing − Test method. Part 3: Determination of binder aggregate adhesivity by the vialit plate shock test method. German version EN 12272−3:2003. – P. 22.
11. Литвиненко Т.П., Ивасенко В.В. Создание внешнего безбарьерного пространства для людей с ограниченными возможностями // Вестник Пермского национального исследовательского политихнического университета «Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности № 1 2013» - Пермь: ПНИПУ, 2013. – С. 86-98.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©В.В.Івасенко, Т.П.Литвиненко

УДК 625.76:005.8

В.В.Ігнатюк
Національний транспортний університет

УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ВІДНОВЛЕННЯ СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Розглянутий метод оптимізації програми робіт з приведення дорожнього одягу до заданого стану за певну кількість років на основі генетичних алгоритмів.

Ключові слова*: стан доріг, програма ремонтів, методи оптимізації, генетичний алгоритм*
Рис 6. Літ 10.

В.В.Игнатюк

УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММАМИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Рассматриваемый метод оптимизации программы работ по приведению дорожной одежды к заданному состоянию за определенное количество лет на основе генетических алгоритмов.

V.Ignatyuk

MANAGEMENT PROGRAMS RESTORATION OF PAVEMENT

The considered technique of optimization programs work to bring the pavement to a desired state for a specified number of years based on genetic algorithms.

За останні роки на автомобільних дорогах спостерігається зміна складу транспортних потоків, збільшення інтенсивності руху та маси експлуатаційного навантаження, що викликає пришвидшений фізичний знос конструкцій доріг і погіршує їх стан. Внаслідок недостатнього фінансування дорожньої галузі порушились міжремонтні терміни, що спричинило накопичення недоремонтів майже на всій мережі автомобільних доріг.

Проблема ліквідації недоремонтів на сьогодні не має повного теоретичного розв'язання та програмно-методичного забезпечення її вирішення за різних стратегій фінансування дорожньої галузі [1]. За таких умов задача удосконалення управління станом автомобільних доріг набуває особливої актуальності.

Постановка проблеми. За умов недостатнього фінансування привести стан дорожнього одягу до нормативного рівня можливо лише за певну кількість років. Приймаючи до уваги наявність великої кількості альтернативних варіантів стратегій дорожньо-ремонтних робіт – послідовності капітальних і поточних середніх ремонтів дорожнього одягу, необхідна розробка ефективного підходу для порівняння цих варіантів і вибору найкращого з них. З метою вирішення проблеми необхідно розробити алгоритми та моделі оптимізації управління програмою відновлення стану дорожнього одягу мережі доріг, а також відповідну комп'ютерну програму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблему пошуку ефективної стратегії реалізації довгострокової програми ремонту дорожніх одягів корисно розглядати з позицій теорії управління проектами та програмами, орієнтуючись на досягнення найкращих результатів, можливих в рамках обмеженого фінансування, шляхом застосування сучасних методів моделювання і пошуку оптимальних рішень [2].

У вітчизняних і зарубіжних дослідженнях програми робіт з ремонту доріг найчастіше розглядаються як програми робіт з ремонту дорожнього одягу. В Україні оптимізацію програми робіт було запропоновано здійснювати на основі моделі лінійного програмування за критерієм мінімізації дорожньо-транспортних витрат при обмеженому фінансуванні [3] та за критерієм максимізації експлуатаційного стану мережі доріг, що забезпечується виконанням обмежень на всі види ресурсів [4].

В зарубіжних дослідженнях були запропоновані моделі лінійного, цілочисельного і динамічного програмування, цільового програмування, метод зважених сум, методи на основі нечітких множин, генетичні алгоритми, метод ε-обмежень, докладний огляд яких наведено в роботі [5].

©В.В.Ігнатюк

Значна увага дослідників приділена застосуванню в оптимізації програм управління станом доріг генетичних алгоритмів (ГА) [6,7,8,9]. На сьогоднішній день генетичні алгоритми довели свою ефективність при вирішенні багатьох складних задач, де математичні моделі мають складну структуру і застосування стандартних градієнтних методів, динамічного або лінійного програмування вкрай утруднено.

В практичній діяльності в Україні для обґрунтування програм капітальних і поточних ремонтів дорожніх одягів на основі мінімізації приведених дорожньо-транспортних затрат використовується Система управління станом покриття (СУСП) [10]. В ній евристичний алгоритм пошуку найкращого рішення ґрунтується на пріоритетах ділянок доріг – в першу чергу в програму ремонтів вибираються такі ділянки, які мають найвищу ефективність впливу на зниження транспортних витрат.

Виклад основного матеріалу. Слід зазначити, що управління програмою визначається як централізоване, скоординоване управління групою проектів для досягнення стратегічних цілей та переваг програми [2]. Програма робіт з ремонту доріг включає три види проектів: капітального ремонту, поточного середнього ремонту та поточного дрібного ремонту і утриманням автомобільних доріг. Управління програмою складається з сукупності процесів управління, які можуть виконуватися як послідовно, так і паралельно, що в результаті приводить до досягнення максимальної вигоди користувачам доріг. Програмне управління - це процес вибору проектів, регулювання періодів і тривалості їх виконання і регулювання їх рамок в залежності від змін економічних або інших зовнішніх умов. У програмному управлінні приділяється особлива увага координації та пріоритезації проектів, управління зв'язками між проектами та загальним витратам і ризикам програми.

При фіксованому бюджетному фінансуванні, яке виступає обмеженням в прийнятті рішень, в якості критерію оптимізації управління станом автомобільних доріг доцільно використовувати транспортні витрати, приведені до поточного року, з врахуванням коефіцієнта дисконтування витрат та індексу інфляції, а також показники стану мережі автомобільних доріг. Останні являють собою відношення протяжності доріг, які потребують капітального або поточного середнього ремонту, до загальної протяжності доріг. Отже, задача полягає у виборі таких щорічних бюджетних обмежень, які за період дії програми забезпечують відновлення стану дорожнього одягу до прийнятного при мінімізації транспортних витрат.

Для розв’язання цієї задачі розроблена схема оптимізації програми ремонтів, в основу якої покладені моделі деградації дорожніх одягів та їх покриттів, що використовуються в СУСП (рис. 1).

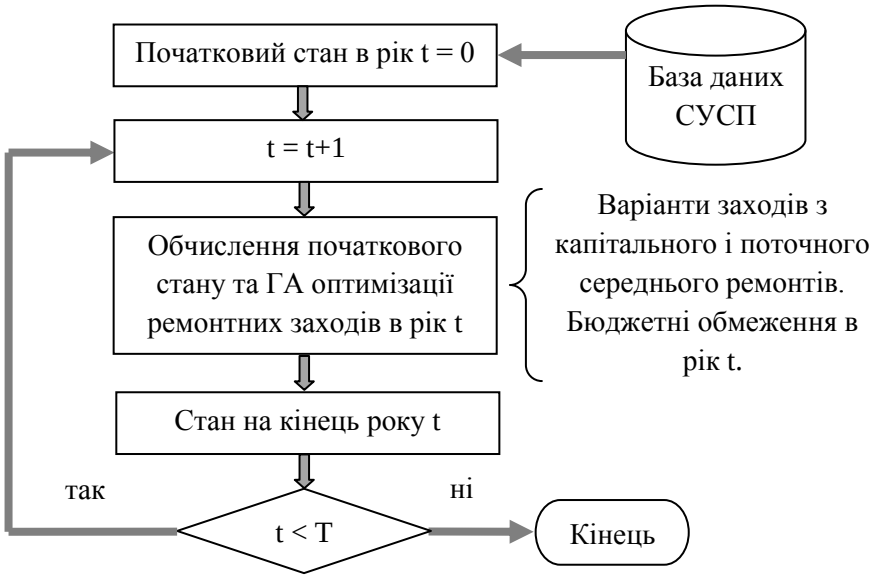


Рис. 1. **Схема оптимізації програми робіт**

У підходах до управління програмою ремонту дорожніх одягів на основі ГА одне можливе рішення одночасно для всіх ділянок доріг (секцій) виражається як послідовність різних ремонтних заходів по секціям і в плановому періоді і називається хромосомою. Кожний захід або позиція в хромосомі – це ген, який може приймати значення тільки з допустимої області можливих ремонтних дій. Ген – це значення керованого параметру задачі оптимізації. Множина можливих рішень – хромосом являє собою так звану популяцію. ГА розглядає послідовність популяцій рішень (епох). Пошук найкращого рішення супроводжується конструюванням нової популяції рішень з попередньої за допомогою процедури селекції та операторів кросоверу (схрещування) і мутації. В кросовері для двох кандидатів рішень-хромосом (представлених як рядки генів двох хромосом) з заданою вірогідністю визначається точка розриву хромосом, і вони обмінюються частинами своїх генів, формуючи таким чином дві нові хромосоми.

Запропонована схема дає можливість здійснювати підбір бюджету експертом. Завдяки їй експерт має можливість підібрати оптимальний бюджет для усунення недоремонтів за термін дії програми з забезпеченням мінімальних транспортних витрат.

Управління програмами ремонтів автомобільних доріг здійснюється за допомогою спеціально створеної комп'ютерної програми. Головна екранна форма програми наведена на рис. 2.

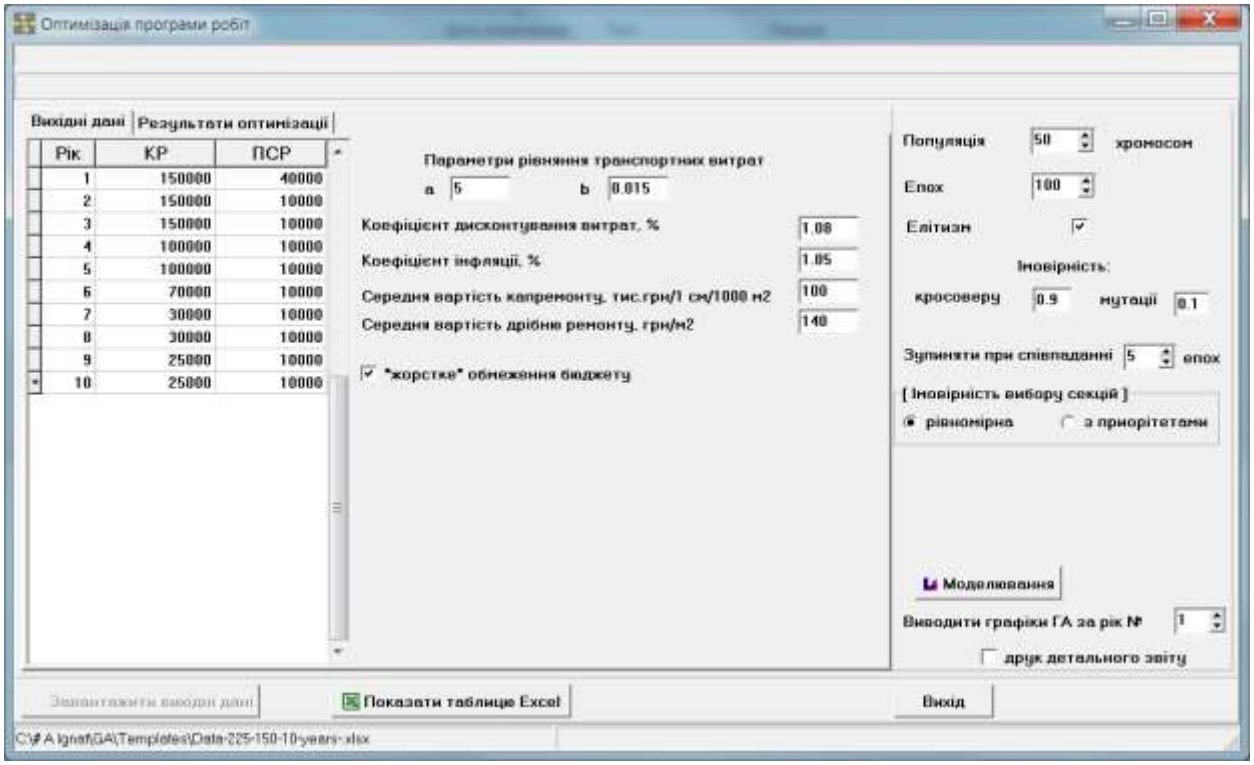


Рис. 2. **Головна екранна форма програми**

Вихідними даними програми є дані про стан дорожнього одягу, які вивантажуються з бази даних СУСП, у вигляді таблиці Microsoft Excel. Після отримання даних про виміряний стан дорожнього одягу в таблицю вводяться додаткові дані про варіанти можливих ремонтних заходів і щорічні бюджетні обмеження та інші параметри. Після запуску програми користувачеві надається можливість завантажити дані однієї таблиці Microsoft Excel для наступної оптимізації програми робіт. В процесі роботи комп'ютерної програми можливе введення таких даних, як бюджет на кожний рік планового періоду, коефіцієнт дисконтування та інфляції, оцінка вартості експлуатаційних заходів. Це створює можливість інтерактивного підбору найкращого варіанту щорічних бюджетів програми робіт.

Бюджетні обмеження враховуються в процесі ініціалізації початкової популяції рішень – хромосом. Значенням кожного гену хромосоми (який моделює секцію дороги) є вид ремонту,

його параметри та вартість. Якщо сумарна вартість ремонту при розгляді чергового гену перевищує бюджет, то капітальний або поточний середній ремонт даної секції дороги не планується, а виконується лише поточний дрібний ремонт та утримання. Порядок розгляду генів – випадковий з рівномірною імовірністю вибору генів або з урахуванням їх пріоритетів, які відображують ступінь деградації дорожнього одягу секції (капітальний ремонт) або його покриття (поточний середній ремонт).

Проте, при здійсненні оператору кросоверу бюджетне обмеження може порушуватись в результаті комбінації частин двох хромосом, тому в алгоритмі кросоверу прийнято два підходи: з «жорстким» та «м'яким» обмеженням (рис. 2). В першому випадку, обов'язкове виконання обмеження, в другому, допускається відхилення від суми обмеження для наступного більш точного вибору річного бюджету.

На рис. 3 наведено приклад оптимізації транспортних витрат за допомогою ГА в першому році десятирічної програми ремонтних робіт на мережі доріг протяжністю 225 км з великим рівнем деградації дорожнього одягу.

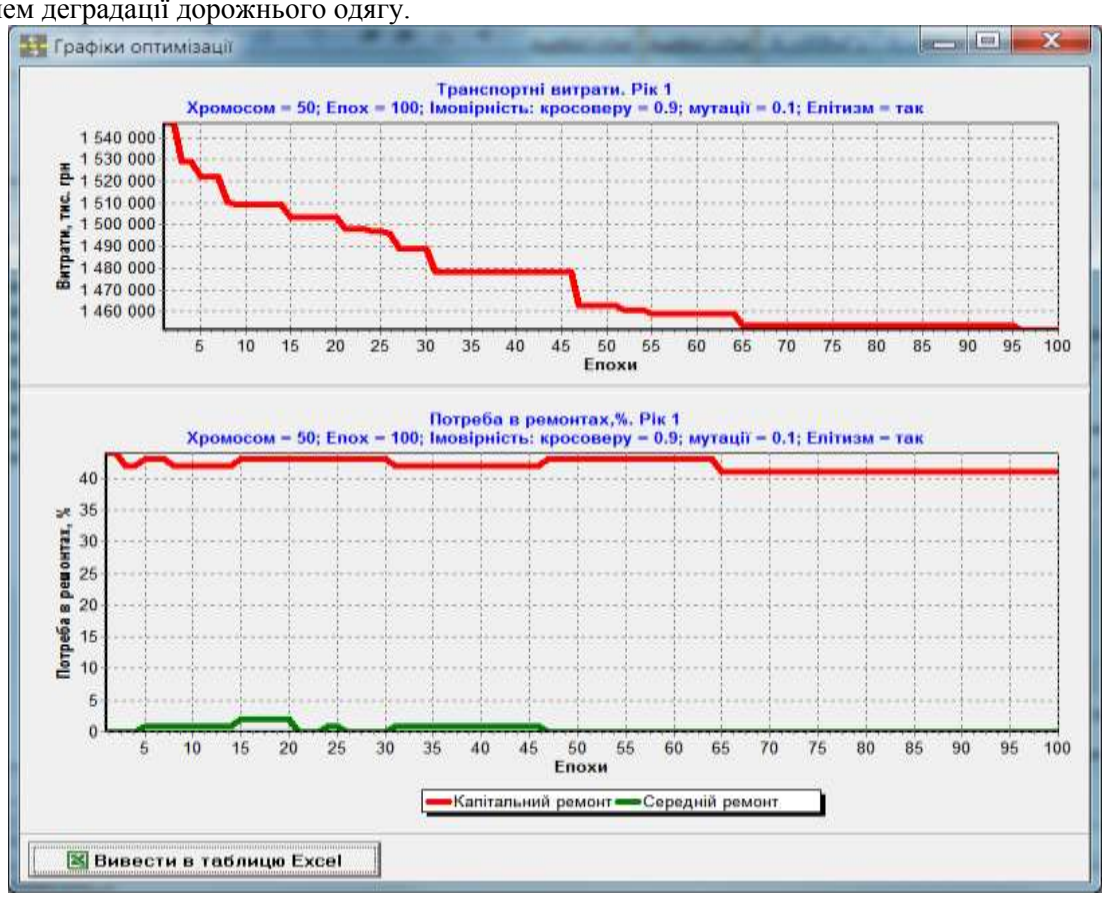


Рис 3. **Процес оптимізації за допомогою ГА**

Отримані результати моделювання вводяться в ту ж саму вихідну таблицю Microsoft Excel (рис. 4).

ЗВЕДЕННЯ ВИТРАТ ПО РОКАХ ПЛАНОВОГО ПЕРІОДУ

D:\prog\GA.5\GA\Templates\Data-50-10-years-.xlsx

Хромосом = 50; Епох = 100; Імовірність: кросоверу = 0.9; мутації = 0.1; Елітизм: так

Рік	КР	ПСР	ПДР+У	Дорожні	Трансп.	Дор.+Тран.	% КР	% ПСР	Бюдж.КР	Зал.КР	Бюдж.СР	Зал.СР
0							54	67				
1	49 054	38 280	10 712	98 046	1 383 188	1 481 234	48	8	50 000	946	50 000	11 720
2	48 533	31 877	5 856	86 266	1 359 040	1 445 306	40	0	50 000	1 467	50 000	18 123
3	49 465	15 179	4 504	69 148	1 314 383	1 383 531	33	0	50 000	535	50 000	34 821
4	49 516	10 337	4 131	63 984	1 310 955	1 374 939	28	0	50 000	484	50 000	39 663
5	49 301	17 965	3 649	70 915	1 324 414	1 395 329	24	0	50 000	699	50 000	32 035
6	48 860	20 519	3 209	72 588	1 352 697	1 425 285	17	0	50 000	1 140	50 000	29 481
7	49 392	24 845	2 599	76 836	1 390 494	1 467 330	11	0	50 000	608	50 000	25 155
8	48 846	23 135	2 352	74 333	1 431 731	1 506 064	3	0	50 000	1 154	50 000	26 865
9	12 548	31 044	2 843	46 435	1 487 907	1 534 342	4	0	50 000	37 452	50 000	18 956
10	17 808	41 172	3 173	62 153	1 533 462	1 595 615	2	3	50 000	32 192	50 000	8 828
Всього	**423 323**	**254 353**	**43 028**	**720 704**	**13 888 271**	**14 608 975**						

Рис. 4. **Таблиця витрат по роках планового періоду**

Як видно, за десять років, відведених на виконання програми робіт з відновлення стану дорожнього одягу, потреба в капітальному ремонті знижується з 54% до 2%, а в поточному середньому ремонті з 67% до 3%.

По кожній секції дороги у таблицю Microsoft Excel виводяться дані про стан і види та вартість ремонтів і величину транспортних витрат (рис. 5). Ці дані формують річні програми робіт.

Розроблена комп'ютерна програма дозволяє в інтерактивному режимі підібрати щорічні бюджети багаторічної програми робіт. Змінюючи бюджетні обмеження, можна побудувати залежність, наведену на рис. 6. Вона показує наявність певного бюджету, при якому величина транспортних витрат стабілізується на певному рівні.

ПОТОЧНИЙ СТАН ДОРІГ

C:\# A Ignat\GA\Templates\Data-225-150-10-years-.xlsx

Популяція 50 *Епох* 100 *Елітизм* так *Зупинка при співпаданні* 5 *епох*

кросоверу 0.9 *мутації* 0.1

Рік	Код	Початок, м	Кінець, м	Кзм	Рівність, см/км	Ткр	Витрати, тис.грн					Вид ремонту
							капремонт	пот.середній	пот.дрібн.	транспортні	Разом	
0	М - 12	210 000	211 000	0.795	109	0	0	0	0	5 528	5 528	
1				0.784	144	0	0	0	206	5 957	6 163	ДР
2				0.772	189	0	0	0	245	6 659	6 904	ДР
3				0.761	248	0	0	0	291	7 572	7 863	ДР
4				**1.060**	**45**	**0**	**4 495**	**0**	**0**	**5 298**	**9 793**	**КР**
5				1.049	55	0	0	0	17	5 523	5 540	ДР
6				1.037	65	0	0	0	20	5 802	5 822	ДР
7				1.026	75	0	0	0	24	6 122	6 146	ДР
8				1.014	85	0	0	0	28	6 424	6 452	ДР
9				1.003	95	0	0	0	34	6 771	6 805	ДР
10				0.992	105	0	0	0	40	7 100	7 140	ДР

Рис 5. **Фрагмент таблиці програми робіт дороги М-12, секція км 210+ 000 – км 211+000**

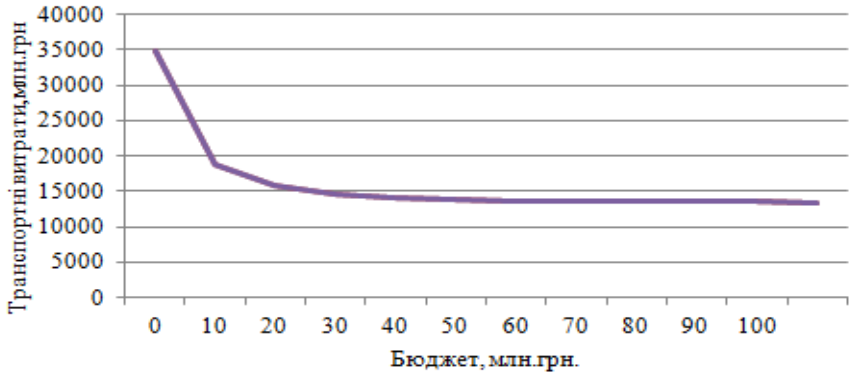


Рис 6. **Графік зміни транспортних витрат в залежності від бюджетних обмежень**

Висновки

Проблема оптимізації програми дорожньо-ремонтних робіт, в умовах обмеженого фінансування, особливо загострилася в умовах фінансової кризи. За допомогою комп'ютерної програми можливо обгрунтувати довгострокову стратегію відновлення стану дорожнього одягу з мінімальними дорожньо-транспортними витратами.

Комп'ютерна програма є новим модулем, який доцільно використовувати в СУСП.

1. Філіппов В.В. Прогнозування розвитку мережі автомобільних доріг за різних рівнів фінансування [Електронний ресурс] / В.В. Філіппов, Є.Д. Прусенко, В.К. Жданюк, Н.В. Смірнова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Выпуск № 44 / 2009. – Режим доступу: http://cyberleninka.ru/article/n/prognostication-of-the-development-of-highways-network-at-different-levels-of-financing
2. Руководство к своду знаний по управлению проектами *(Руководство PMBOK®)*—Четвертое издание, 2008. – 496 с.
3. Демішкан В.Ф. Удосконалення управління станом автомобільних доріг за умов обмежених ресурсів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.11 / В.Ф. Демішкан. – Х., 2000. – С. 17
4. Харченко А.М. Методичні підходи до розробки річної програми робіт дорожньо-ремонтних організацій / А.М. Харченко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип.74. – Київ, 2008.
5. Zheng Wu. Hybrid Multi-Objective Optimization Models for Managing Pavement Assets. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Civil and Environmental Engineering, Blacksburg, Virginia, 2008. – 203 p.
6. Fwa TF, Sinha KC and Reversion JDN Highway Routine Maintenance Programming at Networking Level / Journal of Transportation Engineering. ASCE 1988;114 (5):539-54.
7. Jaewook Yoo. Multi-period optimization of Pavement Management Systems / Jaewook Yoo - Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 2004 – 104 p.
8. Maintenance optimization of infrastructure networks using genetic algorithms / G. Morcous, Z. Lounis, Automation in Construction 14 (2005) 129– 142.
9. Review of Application of Genetic Algorithms in Optimization of Flexible Pavement Maintenance and Rehabilitation in Nigeria / Clarkson Uka CHIKEZIE, Adekunle Taiwo OLOWOSULU, Olugbenga Samuel ABEJIDE, Baba A. KOLO. World J of Engineering and Pure and Applied Sci. 2011;1(3), pp. 68-76.
10. Кизима С.С. Наукові принципи та практичні напрямки управління станом автомобільних доріг / С.С. Кизима, О.П. Канін, М.М. Лихоступ // Сучасні проблеми та перспективи розвитку дорожньо-будівельного комплексу України. – К.: НТУ, 2004.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014.

©В.В.Ігнатюк

УДК 624.7/.8

В.В.Ільченко, Р.А.Міщенко, В.І.Козарь, Л.М.Козарь
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ВПЛИВ ГЕОДЕЗИЧНИХ І БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ НА РІВНІСТЬ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ

Розглянуто нормативні вимоги до рівності дорожнього покриття на стадії контролю якості робіт. Визначено допустиме відхилення на виконання геодезичних і будівельних робіт для забезпечення рівності дорожнього покриття.

Ключові слова: *автомобільна дорога, рівність дорожнього покриття, допустиме відхилення.*
Рис. 2. Табл. 2. Форм. 10. Літ. 12.

В.В.Ильченко, Р.А.Мищенко, В.И.Козарь, Л.Н.Козарь

ВЛИЯНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РОВНОСТЬ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Рассмотрены нормативные требования к ровности дорожного покрытия на стадии контроля качества работ. Определено предельное отклонение на выполнение геодезических и строительных работ для обеспечения ровности дорожного покрытия.

Ключевые слова: *автомобильная дорога, ровность дорожного покрытия, предельное отклонение.*

V.Ilchenko, R.Mischenko, V.Kozar, L.Kozar

THE INFLUENCE OF GEODETIC AND BUILDING WORK TO EVENNESS ROAD PAVEMENT

The normative requirements to evenness road pavement at the stage of quality control work are considered. The influence permissible deviation to perform geodetic work and building work to ensure the evenness road pavement has been defined.

Keywords: *roads, evenness road pavement, permissible deviation.*

Постановка проблеми. Рівність дорожнього покриття є одним з основних показників транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги, від якого залежить не тільки зручність і безпечність руху, але й міцність і довговічність всієї дорожньої конструкції.

Поняття «рівність дорожнього покриття» стосується геометричних характеристик фактичного поздовжнього профілю траси, який може мати вертикальні відхилення від проектного положення з довжиною хвиль понад 10 м та амплітудою коливань від 5 см. Відомі теоретичні дослідження та практичні рекомендації свідчать, що такі відхилення формуються на стадії проектування дороги, утворюються на стадії влаштування дорожнього покриття та накопичуються на стадії експлуатації під дією транспортних навантажень та природно-кліматичних умов [1 − 3]. Таким чином, найбільш відповідальною слід вважати стадію влаштування дорожнього покриття, оскільки в цей час ще можливо виявити й виправити проектні помилки, а порушення технології влаштування дорожнього покриття ліквідувати практично неможливо [4 − 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно вимог ДБН В.2.3-4:2007 оцінювання рівності дорожнього покриття при операційному контролі якості робіт в період будівництва, капітального ремонту й реконструкції автомобільної дороги рекомендовано визначати висотні відмітки шляхом нівелювання поздовжнього профілю траси з кроком не більше ніж 100 м. Стосовно допустимих відхилень у даних нормах зазначено, що при вимірюванні висотних відміток дорожнього покриття «… не більше 10% результатів вимірів можуть мати відхилення від проектних значень в межах ± 25 мм, решта – ± 10 мм» (табл. 22.1, п. 15 [7]).

Згідно вимог ДСТУ Б В.2.3-3-2000 для оцінювання рівності дорожнього покриття при приймальному контролі якості робіт в період будівництва й експлуатації автомобільної дороги рекомендовано визначати висотні відмітки шляхом нівелювання поздовжнього профілю траси з кроком 5±0,2 м на ділянці довжиною не меншою ніж 400 м, за якими обраховують вертикальне відхилення від проектної лінії (п. 5 [8]) за виразом

©В.В.Ільченко, Р.А.Міщенко, В.І.Козарь, Л.М.Козарь

$$\delta h_i = \left| \frac{h_{i-1} + h_{i+1}}{2} - h_i \right|, \quad (1)$$

де h_{i-1} , h_{i+1} − відносні відмітки попередньої та наступної точок.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для відтворення на місцевості проектного поздовжнього профілю при влаштуванні дорожнього покриття традиційно використовують копірну лінію зі сталевої струни, яка підвішується на стійках обабіч дороги.

Рівність дорожнього покриття при виконанні дорожньо-будівельних робіт слід оцінювати граничною похибкою $\Delta_{доп}$ згідно з рекомендаціями [9] за виразом

$$\Delta_{доп} = \sqrt{\Delta_{гр}^2 + \Delta_{бр}^2 + \Delta_{дм}^2}\ , \quad (2)$$

де $\Delta_{гр}$, $\Delta_{бр}$, $\Delta_{дм}$ –граничні похибки геодезичних робіт, будівельних робіт і роботи дорожніх машин.

Гранична похибка геодезичних робіт $\Delta_{гр}$ контролюється при виконанні розмічувальних робіт і пов'язана з технічними характеристиками нівеліра.

Гранична похибка будівельних робіт $\Delta_{бр}$ контролюється при влаштуванні дорожнього покриття і пов'язана насамперед з правильністю встановлення та налаштування копірною лінії.

Гранична похибка роботи дорожніх машин $\Delta_{дм}$ визначається правильністю налаштування й режиму роботи асфальтоукладальника та котків.

На основі принципу рівних впливів граничну похибку Δ_i кожної окремої складової згідно [10] можна визначити за виразом

$$\Delta_i = \frac{\Delta_{доп}}{\sqrt{n}}\ , \quad (3)$$

де n – число складових похибок.

Якщо прийняти граничну похибку відхилення висотних відміток поздовжнього профілю $\Delta_{доп}$ = 10 мм (табл. 22.1, п. 15 [7]), тоді згідно виразу (3) значення окремих складових мають становити не більше ніж $\Delta_i = 10/\sqrt{3} = 5{,}77$ мм.

Серед наведених у виразі (2) складових граничної похибки особливої уваги вимагають геодезичні й будівельні роботи, оскільки від якості їх виконання залежить точність відтворення на місцевості проектного поздовжнього профілю траси.

Мета дослідження − оцінити вплив геодезичних і будівельних робіт на рівність дорожнього покриття.

Основні результати дослідження. Копірна струна згідно [11] являє собою гнучку нитку постійного перерізу, яка під дією власної ваги q в середині прольоту l має стрілу провисання f (див. рис. 1)

$$f = \frac{ql^2}{8N}, \quad (4)$$

де q – власна маса гнучкої нитки, кг/м; l – проліт гнучкої нитки, м; N – горизонтальний натяг гнучкої нитки, кг.

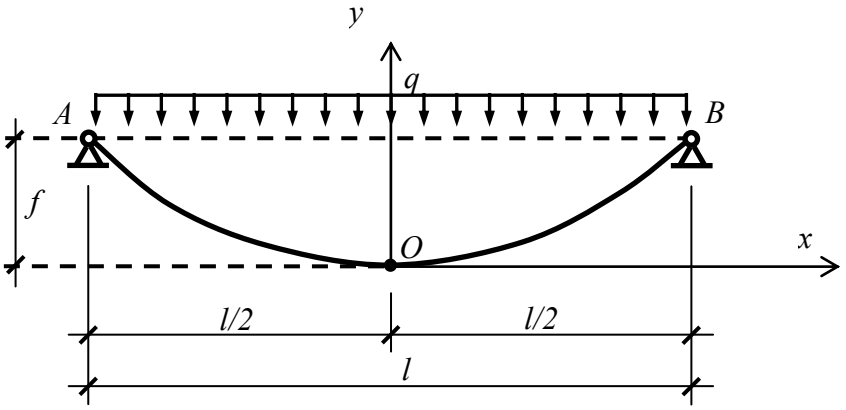


Рис. 1**. Розрахункова схема симетричної гнучкої нитки ($H_A = H_B$)**

Якщо точки закріплення копірної струни будуть розташовані на одному рівні ($H_A = H_B$), то відмітка точки на середині прольоту розраховується за виразом

$$H_O = H_A - f \ . \tag{5}$$

Вертикальне відхилення контрольних точок поздовжнього профілю від проектної лінії, що розраховується за виразом (1), становитиме:

− на опорі (розраховується окрім першої та останньої точок закріплення копірної струни)

$$\delta h_B = \left| \frac{H_O + H_O}{2} - H_B \right| = \left| H_O - H_B \right| = \left| H_O - (H_O + f) \right| = f \ ; \tag{6}$$

− на середині прольоту

$$\delta h_O = \left| \frac{H_A + H_B}{2} - H_O \right| = \left| H_A - \left(H_A - f \right) \right| = f \ . \tag{7}$$

Таким чином для всіх контрольних точок поздовжнього профілю вертикальне відхилення може відповідати величині стріли провисання *f*.

Для копірної струни можна використати сталевий канат діаметром ∅3,1 мм за нормами [12] (маса q = 0,0492 кг/п.м., площа перерізу $F = 5{,}66\times10^{-6}$ м^2), який при прольоті l = 10 м та зусиллі натягу N = 200 кг згідно з формулою (4) матиме стрілу провисання

$$f = \frac{0{,}0492\times10^2}{8\times200} = \ 0{,}003075 \text{ м} = 3{,}075 \text{ мм}.$$

Таким чином, δh_i = 3,075 мм, що не перевищує значення граничної похибки геодезичних робіт $\Delta_{гр}$ = 5,77 мм.

Оцінка рівності дорожнього покриття за вертикальним відхилення поздовжнього профілю від проектної лінії для випадку, коли контрольні точки розташовані на одному рівні ($H_A = H_B$ = 1000 мм), наведено для горизонтальної ділянки довжиною 100 м у таблиці 1.

Табл. 1.

Оцінка рівності дорожнього покриття
при розташуванні точок закріплення копірної струни на одному рівні

Пікетажне положення точок ПК+, м	Відмітки точок H_i, мм	Вертикальне відхилення δh_i, мм	
		відносно початкової точки (згідно [7])	відносно суміжних точок (згідно [8])
0+000	1000,000	0,000	–
0+005	996,925	3,075	3,075
0+010	1000,000	0,000	3,075
0+015	996,925	3,075	3,075

©В.В.Ільченко, Р.А.Міщенко, В.І.Козарь, Л.М.Козарь

0+020	1000,000	0,000	3,075
0+025	996,925	3,075	3,075
0+030	1000,000	0,000	3,075
0+035	996,925	3,075	3,075
0+040	1000,000	0,000	3,075
0+045	996,925	3,075	3,075
0+050	1000,000	0,000	3,075
0+055	996,925	3,075	3,075
0+060	1000,000	0,000	3,075
0+065	996,925	3,075	3,075
0+070	1000,000	0,000	3,075
0+075	996,925	3,075	3,075
0+080	1000,000	0,000	3,075
0+085	996,925	3,075	3,075
0+090	1000,000	0,000	3,075
0+095	996,925	3,075	3,075
0+100	1000,000	0,000	–
	середнє значення	1,538	3,075
	максимальне значення	3,075	3,075

Примітка: згідно [8] вертикальне відхилення для першої та останньої точок ділянки не обраховується

Якщо точки закріплення копірної струни будуть розташовані на різних рівнях (рис. 2), то гнучка нитка матиме асиметричну форму, а стріла провисання для кожної точки закріплення f_i розраховується наступним чином

$$f_1 = \frac{ql^2}{8N} + \frac{Nh^2}{2ql^2} + \frac{h}{2},$$
$$f_2 = \frac{ql^2}{8N} + \frac{Nh^2}{2ql^2} - \frac{h}{2}, \quad (8)$$

де h − різниця висотних рівнів точок підвішування (див. рис. 2).

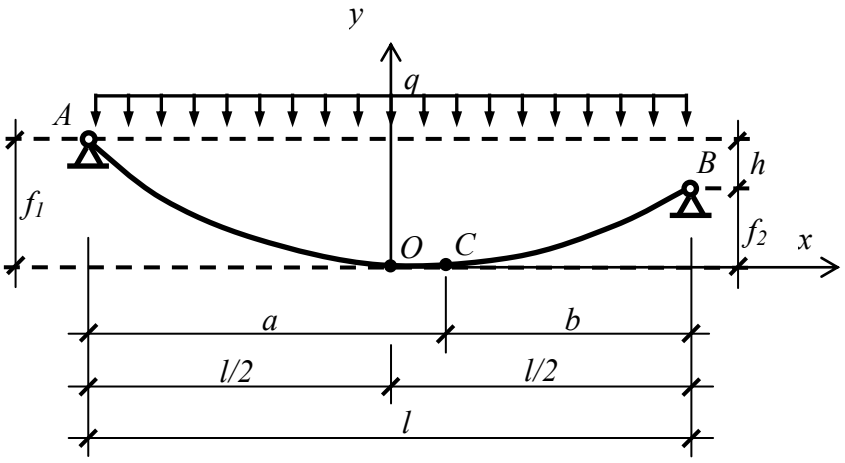


Рис. 2**. Розрахункова схема асиметричної гнучкої нитки ($H_A \neq H_B$)**

Відмітки контрольних точок відносно точки А для розрахункової схеми, наведеної на рис. 2, розраховуються за виразом

$$H_B = H_A - h, \quad (9)$$

$$H_o = H_A - \frac{ql^2}{8N}.$$

Вертикальне відхилення контрольних точок поздовжнього профілю від проектної лінії, що розраховується за виразом (1), становитиме

$$\delta h_i = \left| \frac{H_A + H_B}{2} - H_i \right| = \left| \frac{H_A + H_A - h}{2} - H_A + \frac{ql^2}{8N} \right| = \left| \frac{ql^2}{8N} - \frac{h}{2} \right|. \quad (10)$$

Оцінка рівності дорожнього покриття за вертикальним відхилення поздовжнього профілю від проектної лінії для випадку, коли контрольні точки розташовані на різних рівнях (H_A = 1000 мм), наведено для горизонтальної ділянки довжиною 100 м у таблиці 2.

Як видно з табл. 1-2, середнє значення вертикального відхилення поздовжнього профілю від проектної лінії при розташуванні всіх точок закріплення копірної струни на одному рівні становить 1,538 мм (відносно початкової точки згідно рекомендацій [7]) і 3,075 мм (відносно суміжних точок згідно рекомендацій [8]), а при розташуванні точок закріплення копірної струни на різних рівнях − відповідно 1,938 мм та 2,067 мм. При цьому максимальні значення вертикального відхилення складають 3,075 мм для першого випадку та відповідно 4,075 і 3,075 мм для другого випадку розташування точок закріплення копірної струни.

Таким чином, для оцінювання рівності дорожнього покриття на стадії контролю якості геодезичних і будівельних робіт недоцільно використовувати вираз (1), оскільки в такому разі не можливо встановити правильність встановлення копірної системи. В подальшому неточне закріплення проектного поздовжнього профілю траси на місцевості може привести до утворення значних нерівностей при влаштуванні дорожнього покриття.

Табл. 2.

Оцінка рівності дорожнього покриття
при розташуванні точок закріплення копірної струни на різних рівнях

Пікетажне положення точок ПК+, м	Відмітки точок H_i, мм	Вертикальне відхилення δh_i, мм	
		відносно початкової точки (згідно [7])	відносно суміжних точок (згідно [8])
0+000	1000,000	–	–
0+005	996,925	3,075	1,575
0+010	997,000	3,000	0,575
0+015	995,925	*4,075*	2,075
0+020	999,000	1,000	2,575
0+025	996,925	3,075	2,575
0+030	1000,000	0,000	2,075
0+035	998,925	1,075	2,075
0+040	1002,000	-2,000	3,075
0+045	998,925	1,075	3,075
0+050	1002,000	-2,000	2,575
0+055	999,925	0,075	2,575
0+060	1003,000	-3,000	*3,075*
0+065	999,925	0,075	0,075
0+070	997,000	3,000	1,925
0+075	997,925	2,075	1,075
0+080	1001,000	-1,000	*3,075*
0+085	997,925	2,075	1,575
0+090	998,000	2,000	1,075

©В.В.Ільченко, Р.А.Міщенко, В.І.Козарь, Л.М.Козарь

0+095	995,925	*4,075*	2,575
0+100	999,000	1,000	–
	середнє значення	1,938	2,067
	максимальне значення	4,075	3,075

Примітка: відмітки точок закріплення копірної струни змодельовано в діапазоні відхилень ±3,075 мм.

Висновки. Виконані розрахунки показують, що під час контролю якості виконання геодезичних і будівельних робіт доцільно проводити контрольне нівелювання поздовжнього профілю траси з кроком 5, 10 і 20 м від початкової точки підвішування копірної струни.

1. Величко, Г.В. Забезпечення рівності автомобільних доріг / Г.В. Величко, В.В. Філіппов // Автошляховик України. – 2003. – № 2. – С. 40 − 43.
2. Долгилевич, Ю.П. Влияние некоторых составляющих асфальтобетонной технологии на долговременную ровность дорожных покрытий [Электронный ресурс] / Ю.П. Долгилевич и др. − Режим доступа: http://library.stroit.ru.
3. Костельов, М.П. Практические проблемы устройства асфальтобетонных покрытий с высокой ровностью [Электронный ресурс] / М.П. Костельов. − Режим доступа: http://library.stroit.ru.
4. Ільченко, В.В. Забезпечення рівності дорожнього покриття на стадії геодезичних і будівельних робіт / В.В. Ільченко, В.І. Козарь, Р.А. Міщенко, Л.М. Козарь // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. − Вип. 60. – Х.: ХНАДУ, 2013. − С. 123-127.
5. Лушников, Н.А. К вопросу об оценке продольной ровности покрытий автомобильных дорог / Н.А. Лушников, П.А. Лушников // Дороги и мосты. − М. : ФГУП «РосдорНИИ», 2010. − Вып. № 23. − С. 97 − 104.
6. Руководство по статистическому контролю и регулированию качества при строительстве и капитальном ремонте автомобильных дорог. − М., 1981. − 30 с.
7. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. − 84 с.
8. ДСТУ Б В.2.3-3-2000. Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювань нерівностей основ і покриттів. − К. : Держбуд України, 2000. − 10 с.
9. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений (ВСН 5-81). − М. : Транспорт, 1983. − 110 с.
10. ГОСТ 26433.0-85. Правила выполнения измерений. Общие положения. − М. : Стандартинформ, 2005. − 14 с.
11. Меркин, Д.Р. Введение в механику гибкой нити / Д.Р. Меркин. − М. : Наука, 1980. – 240 с.
12. ГОСТ 3062-80. Канат одинарной свивки ЛК-0. − М. : Госстандарт, 1980. − 7 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014

©В.В.Ільченко, Р.А.Міщенко, В.І.Козарь, Л.М.Козарь

УДК 629.3.017.5

А.А.Кашканов, І.Р.Тишківський
Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИБЛОКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ВЕЛИЧИНУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Представлено результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу антиблокувальної системи (АБС) на гальмівну ефективність легкових автомобілів, показано важливість врахування поданих результатів при експертизі дорожньо-транспортних пригод.

Ключові слова: *гальмівний шлях, гальмування, тертя, енергія, антиблокувальна система, експертиза дорожньо-транспортних пригод.*

Рис 1. Табл 2. Форм 2. Літ 11

А.А.Кашканов, И.Р.Тишкивский

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ВЕЛИЧИНУ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Представлено результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния антиблокировочной системы тормозную эффективность легковых автомобилей, показана важность учета данных результатов при экспертизе дорожно-транспортных происшествий.

A.Kashkanov, I.Tyshkivskiy.

RESEARCH OF THE ANTISKID SYSTEM INFLUENCE ON THE SIZE OF BRAKING DISTANCE OF PASSENGER CAR

The urgent braking fold in all a few percents from all braking, however exactly they determine safety of motion and requirement to brake efficiency. Thus one of evaluation indexes of brake properties there is braking distance of car.

The results of theoretical and experimental researches show that work of the antiskid system substantially influences on brake efficiency of passenger cars. Modern antiskid system in most cases render a substantial help to the driver in a drive. They help to avoid emergency situations, although limit possibilities of exit from them.

Braking of car has the features under various conditions. Depending on the unevenness of action of brake moments, and in this connection by the different sizes of tangents, lateral and vertical reactions on wheels, it can last with different connection the locked and unblocked wheels. Braking distance of transport vehicle depends both on initial velocity of braking, travelling terms and from duration of the stages of process. On plenitude of account of all these factors the results of examination of road traffic accidents depend substantially.

Постановка проблеми

Суттєве збільшення автотранспортного парку України привело до значного посилення інтенсивності руху на автошляхах держави та збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це поставило перед Україною цілий комплекс нових завдань, спрямованих на підвищення безпеки руху.

Екстрені гальмування складають всього декілька відсотків від всіх гальмувань, проте саме вони визначають безпеку руху та вимоги до гальмівної ефективності [1-7]. При цьому одним з оцінних показників гальмівних властивостей є гальмівний шлях автомобіля. Якби у всіх автомобілів вдалося скоротити гальмівний шлях на 20 %, то число загиблих і важко поранених в автомобільних аваріях зменшилася б на 15 % [3].

Найчастіше при купівлі автомобіля, звертають увагу на час розгону до 100 км/год, витрату палива на 100 км, але не цікавляться даними про гальмівний шлях автомобіля. Більшість водіїв не знають довжини гальмівного шляху свого автомобіля та не розуміють якою вона повинна бути. Насправді величина гальмівного шляху має важливе значення. Адже в аварійні ситуації від того наскільки швидко можливо зупинити автомобіль, і в процесі гальмування не втратити над ним контроль, може залежати чиєсь життя. Врахування конструкції гальм та знання про потенційну гальмівну ефективність автомобіля дає змогу правильно вибрати початкові дані та методику інженерного розрахунку при експертизі ДТП, що зумовлює об'єктивність розслідування [1, 2, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Гальмівний шлях транспортного засобу залежить як від початкової швидкості гальмування і дорожніх умов, так і від тривалості динамічної стадії процесу (часу, що пройшов з моменту

©А.А.Кашканов, І.Р.Тишківський

дотикання до педалі гальм, до моменту досягнення сповільненням чи гальмівною силою максимальних значень). Для визначення величини гальмівного шляху на прямолінійній ділянці дороги використовуються залежності, запропоновані Я. Табореком, Норманом, В. Г. Розановим, О. Боде, Д. П. Велікановим, М. Д. Артамоновим, І. Л. Крузе [1].

Формула, яка рекомендується в ДСТУ 3649:2010 для розрахунку гальмівного шляху [2]

$$S_e = \frac{v_a}{3{,}6}\left(\tau_c + 0{,}5\tau_н\right) + \frac{v_a^2}{26\, j_{уст}}, \qquad (1)$$

де v_a – початкова швидкість гальмування; τ_c – час спрацьовування приводу гальм; $\tau_н$ – час наростання сповільнення; $j_{уст}$ – усталене (максимальне) в процесі гальмування сповільнення.

Існуючі методи розрахунку гальмівного шляху базуються на припущенні, що при екстреному гальмуванні реалізується усталене сповільнення, яке рівне добутку прискорення сили тяжіння на коефіцієнт зчеплення, що відповідає 100% ковзанню шини по дорожній поверхні. Таке представлення виключає можливість розрахунку гальмівного шляху при гальмуванні без блокування коліс (наявності АБС).

В роботах [6, 9] запропонована математична модель розрахунку гальмівного шляху автомобіля при екстреному гальмуванні без блокування коліс (з антиблокувальною системою), отримана із енергетичного балансу автомобіля при гальмуванні

$$S_e = v_a \cdot \left(\tau_c + 0{,}5\tau_н\right) + \frac{\delta \cdot G_a \cdot \left(v_a - 0{,}5\tau_н \cdot j_{уст}\right)^2}{2g\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{M_{ei}\cdot\left(1-s_i\right)}{r_д} + \sum_{i=1}^{n} G_{ki}\cdot f_i\cdot\left(1-s_i\right) + \frac{1}{3}k_n\cdot F\cdot v_{w0}^2 + \ldots\right)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{}{\ldots + \frac{M_r}{r_д}\cdot\left(1-s_{cp}\right) + \sum_{i=1}^{n} R_{zi}\cdot\varphi_{xi}\cdot s_i \pm G_a\cdot i\Bigg)} \qquad (2)$$

де M_{ei} – гальмівний момент на *i*-му колесі автомобіля; s_i – повздовжнє проковзування на *i*-му колесі автомобіля; G_{ki} – нормальне навантаження на *i*-те колесо; f_i – коефіцієнт опору кочення для *i*-го колеса автомобіля; M_r – середній момент сил опору в трансмісії; s_{cp} – середнє арифметичне значення повздовжніх проковзувань ведучих коліс автомобіля; R_{zi} – нормальна реакція на *i*-те колесо автомобіля; φ_{xi} – коефіцієнт повздовжнього зчеплення *i*-го колеса автомобіля; k_n – коефіцієнт опору повітря; F – площа міделя або лобова площа, яка рівна площі проекції автомобіля на площину, перпендикулярну його повздовжній осі; v_{w0} – відносна швидкість повітря в момент натискання на педаль гальм; $r_д$ – динамічний радіус колеса; G_a – вага автомобіля; δ – коефіцієнт врахування обертових мас; i – поздовжній ухил дороги.

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 [1, 2, 4, 10].

Метою даної роботи є дослідження шляхів мінімізації невизначеності в експертних висновках під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод при гальмуванні.

Основні результати дослідження

Умови невизначеності при прийнятті рішень характеризуються відсутністю достатньої кількості інформації для доцільної організації дій. Якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність

можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленим вивченням наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

Гальмування автомобіля в різних умовах має свої особливості. В залежності від нерівномірності дії гальмівних моментів, і у зв'язку з цим різними величинами дотичних, бічних і вертикальних реакцій на колесах, воно може тривати з різним сполученням заблокованих і незаблокованих коліс. Гальмівний шлях транспортного засобу залежить як від початкової швидкості гальмування, дорожніх умов, так і від тривалості стадій процесу.

Процес гальмування автомобільного колеса з блокуванням можна умовно розділити на дві стадії: динамічна (кочення без блокування) і статична (ковзання заблокованого колеса).

В динамічній стадії відбувається зростання гальмівної сили на колесі автомобіля від нуля до максимального значення, яке визначається зчіпними якостями коліс чи найбільшим тиском робочого тіла в гальмівному приводі. Тривалість динамічної стадії залежить від конструкції приводу, індивідуальних особливостей водія, зчіпних якостей коліс з дорогою.

При гальмуванні без блокування коліс (гальмування з АБС) основна частина кінетичної енергії автомобіля перетворюється в тепло при терті в гальмівних механізмах. При відсутності АБС у гальмівному приводі перетворення механічної енергії автомобіля в теплову у динамічній стадії відбувається при терті фрикційного елемента гальмівної колодки об металеву поверхню барабану чи диску. Статична стадія характеризується заблокованими колесами, тому механічна енергія у даній стадії перетворюється у теплову при терті шин заблокованих коліс об дорожню поверхню.

Незважаючи на те, що мало хто з автовиробників розголошує значення гальмівного шляху моделей, в Євросоюзі прийнято вважати небезпечними всі машини, які не можуть зупинитися за 40 метрів (стандарт якості ISO 9001) при гальмуванні зі 100 км/год на сухому асфальтобетоні.

Одною з перших і найважливіших систем, призначеною для зменшення гальмівного шляху, стала антиблокувальна система гальм. Не дивлячись на те, що ця система вже давно не новинка, суперечки про її ефективність та «корисності» для водіїв актуальні досі.

Антиблокувальні системи автомобілів являють собою системи, оснащені пристроями керування зі зворотним зв'язком, що запобігають блокуванню коліс під час гальмування і зберігають керованість і курсову стійкість автомобіля. Основними компонентами АБС є: гідромодулятор; датчики швидкості обертання коліс; електронний блок керування.

При розробці системи АБС беруть до уваги:

– варіанти зчеплення між шиною і дорогою;
– нерівності дорожнього покриття, що викликають коливання коліс і осей;
– гальмівний гістерезис;
– зміни тиску в головному гальмовому циліндрі при впливі водія на педаль гальма;
– зміни радіуса колеса (при встановленні запасного колеса).

Критерії якості керування:

– підтримка курсової стійкості під час керування автомобілем шляхом забезпечення достатньої величини поперечної сили зчеплення на задніх колесах;
– підтримка керованості автомобіля шляхом забезпечення достатньої поперечної сили зчеплення на передніх колесах;
– зменшення гальмівного шляху в порівнянні з гальмуванням із заблокованими колісьми;
– швидка зміна гальмівних моментів для різних коефіцієнтів зчеплення, наприклад, коли автомобіль рухається через невеликі ділянки льоду на дорожнім покритті;
– контроль низьких амплітуд зміни гальмівного моменту з метою попередження вібрацій у зубчастих передачах;
– високий рівень комфорту руху в результаті незначного впливу зворотного зв'язку на педаль гальма і застосування безшумних виконавчих механізмів.

Незалежно від конструкції АБС має складатися з таких елементів:

– датчики, функцією яких є видача інформації, в залежності від прийнятої системи регулювання, про кутову швидкість колеса, тиск робочого тіла гальмівному приводі, сповільнення автомобіля та ін.;
– блок керування, зазвичай електронний, куди поступає інформація від датчиків, який після логічної обробки отриманої інформації дає команду виконуючим механізмам;

– виконуючі механізми, (модулятори тиску), які в залежності від отриманої з блока керування команди, знижують, підвищують чи підтримують на постійному рівні тиск в гальмівному приводі коліс.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою ABS – циклічний. Пов'язано це з інерційністю самого колеса, приводу, а також елементів ABS. Якість регулювання оцінюється за тим, наскільки АБС забезпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. При великому діапазоні циклічних коливань тиску порушується комфортабельність при гальмуванні ("смикання"), а елементи автомобіля сприймають додаткові навантаження. Якість роботи АБС залежить від прийнятого принципу регулювання ("алгоритму функціонування"), а також від швидкодії системи в цілому. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмівного моменту. Важливою властивістю АБС повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність) і до зміни коефіцієнта зчеплення в процесі гальмування.

Розроблено велику кількість принципів, згідно з якими працюють АБС (алгоритмів функціонування). Вони відрізняються за складністю, вартістю реалізацією і за ступенем задоволення поставлених вимог.

При проведенні оптимізації робочих процесів гальмівних систем автомобілів часто зустрічаються задачі, рішення яких точними, кількісними методами пов'язано з труднощами:

– застосування точних методів не можливе (не обґрунтоване), оскільки на даний момент не виявлені кількісні взаємозв'язки між параметрами;

– застосування точних методів пов'язане з великими затратами часу і ресурсів;

– є сенс знехтувати точністю для економії часу і ресурсів;

– немає можливості набрати статистичний матеріал, щоб коректно скористатись теорією ймовірностей.

В такій ситуації має місце розв'язування задачі в умовах невизначеності, коли на перший план виступає не задача встановлення аналітичних зв'язків між параметрами, а облік на якісному рівні причинно-наслідкових залежностей між окремими параметрами та їх сукупностями. Інструментом розв'язування такого роду задач є нечітка логіка [11], яка застосовується в багатьох алгоритмах роботи АБС, якими оснащуються автомобілі уже представлені на ринку. В нинішній час Nissan, Mitsubishi, Honda, Mazda, Hyundai, BMW, Mercedes-Benz, Bosch, та Peugeot вже виробляють автомобілі з нечіткими АБС. Одна з причин вигоди антиблокувальних гальмових систем з нечіткою логікою – висока ефективність обробки інформації. В АБС час циклу управління складає приблизно 5 мілісекунд. В межах цього інтервалу, мікропроцесори повинні реєструвати всі дані датчика, опрацьовувати їх, обчислювати алгоритм АБС, керувати обвідними клапанами для гальмової рідини, виконувати тестування гальмування в встановленому порядку. Отже, будь-які додаткові функції повинні бути виконані з дуже великою ефективністю в обчислювальному відношенні. Більшість АБС використовує l6-bit мікропроцесор, в якому процес обчислення з середнього розміру нечіткою логічною системою складає близько 1/2 мілісекунди, при цьому використовується приблизно 2 КБ пам'яті [11].

Реалізація АБС на нечіткій логіці показує інтелектуальну комбінацію звичайних методів з нечіткою логікою. Відомо, що точка оптимальної ефективності гальмування знаходиться між двома граничними ситуаціями – вільне кочення колеса і його повне блокування. Різниця між швидкістю автомобіля та колеса під час гальмування називається "проковзанням" і визначається за формулою:

$$S = (V_a - V_k)/V_a, \tag{3}$$

де S – проковзання, завжди між 0 (без гальмування) та 1 (блокування); V_a – швидкість автомобіля; V_k – швидкість колеса.

Рис. 1 показує залежність між ефективністю гальмування та проковзанням для різних дорожніх покрить. Для $S = 0$, швидкість колеса дорівнює швидкості автомобіля. У випадку $S = 1$, колесо блокується повністю. Криві показують, що оптимальне гальмування відбувається за умови $0 < S < 1$. Проте точка максимальної ефективності гальмування залежить від типу дороги.

©А.А.Кашканов, І.Р.Тишківський

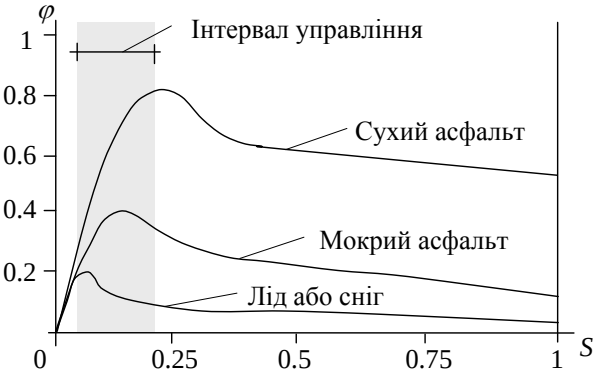


Рис. 1**. Розподіл гальмової ефективності в залежності від проковзання колеса для сухих, мокрих та засніжених доріг (*φ* – коефіцієнт зчеплення, міра ефективності гальмування).**

Звичайна антиблокувальна гальмова система керує обвідними клапанами гальмової рідини так, щоб проковзання дорівнювало встановленому значенню. В більшості програм це встановлене значення проковзання дорівнює 0.1, оскільки це компромісна величина для всіх станів дороги. Як видно з рис. 1, це встановлене значення не оптимальне для кожного дорожнього покриття. Знаючи тип дорожнього покриття, можна збільшити ефективність гальмування ще більше.

Проблема – як дізнатися, який тип дорожнього покриття. Вважати, що водій натисне кнопку на панелі приладів раніше, аніж зробить екстрене гальмування, не реально. Альтернатива – використання датчиків. Багато компаній оцінили різноманітні типи датчиків. Результат – те, що датчики, які дають добру ідентифікацію поверхні дороги, не достатньо надійні та занадто дорогі. Ідея застосування нечіткого логічного висновку проста. Припустимо, Ви сидите в вашому власному автомобілі, обладнаному стандартною АБС. Після руху з відомою швидкістю Ви притиснули гальмову педаль, так що АБС починає працювати. Навіть якщо б Ви не знали, яка була поверхня дороги, Ви могли б тепер зробити достатньо точне припущення лише з реакції автомобіля. Тепер, якщо Ви можете оцінювати поверхню дороги лише по реакції автомобіля, то чому не здійснити це в АБС за допомогою нечіткої логіки? Коли АБС вперше виявляє блокування колеса, то починає керувати клапанами гальмової рідини так, щоб кожне колесо оберталося з проковзанням 0,1. Після цього нечітка логічна система оцінює реакцію автомобіля на гальмування, визначає поточну поверхню дороги і корегує встановлену величину проковзання для досягнення найкращої ефективності гальмування. Нечітка логічна система використовує вхідні дані лише від існуючих датчиків АБС. Вхідними даними є сповільнення та швидкість автомобіля, сповільнення та швидкості коліс, і гідравлічний тиск рідини гальма. Ці змінні входу – непрямий показник поточної точки управління гальмовою системою (рис. 1), її зміни через якийсь час. Експерименти показали, що перший дослідницький зразок лише з шістьма нечіткими логічними правилами значно покращує характеристики АБС. На одній з випробувальних трас, стан якої змінювався від сніжного до мокрого, АБС з нечіткою логікою виявляла зміну в дорожніх умовах навіть під час гальмування.

Від величини реалізованого коефіцієнта зчеплення суттєво залежать такі показники гальмівної ефективності як гальмівний шлях та сповільнення автомобіля. Згідно з табличними даними, якими керуються експерти під час проведення автотехнічних досліджень, стале сповільнення легкових автомобілів у спорядженому стані на сухому асфальтобетонному покритті становить 6,9–7,5 м/с^2. Як показують експериментальні дослідження [1, 3, 6] ефективність гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, перевищує табличні дані на 1-1,6 м/с^2.

Для розв’язання проблеми, пов’язаної з підвищенням точності розрахунків при проведенні судової автотехнічної експертизи, необхідно розробити методичні рекомендації з визначення гальмівної ефективності легкових автомобілів, обладнаних АБС. Ця проблема має розв’язуватися шляхом проведення значних за обсягом експериментальних досліджень.

©А.А.Кашканов, І.Р.Тишківський

Нами проводилися випробування з визначення ефективності робочої гальмівної системи автомобілів, обладнаних АБС, з урахуванням чинних в Україні галузевих стандартів [6]. Ділянка дороги для проведення експериментальних досліджень знаходилась приблизно в 5 км від м. Вінниця на дорозі Вінниця-Хмельницький. Вона представляє собою горизонтальну ділянку протяжністю біля одного кілометра з твердим асфальтобетонним покриттям, її негоризонтальність не перевищує 1,5%. Швидкість вітру під час випробувань не перевищувала 3 м/с, температура повітря знаходилась в межах 15-25°С, дослідження проводились окремо на сухому та вологому покритті. Визначення гальмівного шляху здійснювалось за допомогою рулетки та пістолета-відмітника, закріпленого на бампері автомобіля. Гальмівні діаграми отримувались за допомогою приладу AVZM-100 німецької фірми „МАНА". За допомогою даного приладу також вимірювалась сила натискання на педаль гальма під час випробувань за допомогою датчика, який встановлювався на педаль гальма.

Під час проведення експерименту в дорожніх умовах на автомобілях Daewoo Lanos та Mercedes-Benz 212D фіксувалось: початкова швидкість гальмування (гальмування проводились при швидкості 40, 60, 80, 100 км/год – за показаннями спідометра); величина гальмівного шляху; сповільнення автомобіля. Результати дорожніх випробувань занесені у табл. 1, 2.

Таблиця 1

Експериментальні результати, отримані на сухому асфальтобетоні

	Daewoo Lanos		Mercedes Benz 212D	
V_0, км/год	$S_{г\ сер}$, м	$j_{уст\ сер}$, м/с^2	$S_{г\ сер}$, м	$j_{уст\ сер}$, м/с^2
40	6,34	8,56	6,24	8,63
60	13,83	8,18	13,65	7,95
80	24,78	7,78	24,51	7,91
100	39,64	7,62	39,16	7,61

Таблиця 2

Експериментальні результати, отримані на вологому асфальтобетоні

	Daewoo Lanos		Mercedes Benz 212D	
V_0, км/год	$S_{г\ сер}$, м	$j_{уст\ сер}$, м/с^2	$S_{г\ сер}$, м	$j_{уст\ сер}$, м/с^2
40	8,18	6,87	8,25	6,81
60	17,88	6,98	18,05	7,01
80	32,65	6,87	31,82	6,76
100	53,64	6,67	52,16	6,64

Згідно з виконаними вимірюваннями на сухому рівному асфальтобетонному покритті значення величини усталеного сповільнення для автомобілів, обладнаних АБС, з урахуванням даних приладів у середньому становить 8,6 м/с^2, що на 15–25 % перевищує табличні дані 7,5 або 6,9 м/с^2, які рекомендовано в експертній практиці.

Висновки

Сучасні АБС в більшості випадків надають істотну допомогу водієві в управлінні автомобілем. Вони допомагають уникати аварійних ситуацій , проте обмежують можливості виходу з них. При русі по покриттю з низьким коефіцієнтом зчеплення (сніг, лід) гальмівний шлях з АБС збільшується, а на покриттях з високим коефіцієнтом зчеплення (сухий асфальтобетон) – зменшується.

Під час обчислення параметрів руху автомобіля, що є учасником ДТП, важливо правильно визначити коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, оскільки він має сильну залежність від багатьох факторів і умов та володіє найбільшою невизначеністю серед інших використовуваних при експертизі ДТП факторів і параметрів. В процесі гальмування автомобіля приймають участь та взаємодіють як мінімум два об'єкта: дорога та автомобіль. Від властивостей кожного з них залежить ефективність гальмування. З одного боку, коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям залежить від якості та стану шин автомобіля (тип протектора та ступінь його зносу, тиск повітря в шинах, швидкість і завантаженість автомобіля), з іншого боку, цей коефіцієнт

©А.А.Кашканов, І.Р.Тишківський

змінюється в залежності від виду дорожнього покриття, структури та температури його поверхні, наявності вологи, забруднень на поверхні покриття.

Відома методика [1, 4] в багатьох випадках дозволяє оцінити лише діапазон можливих значень коефіцієнта зчеплення, що ускладнює об'єктивність прийняття рішення при аналізі причин ДТП. Запропонований підхід в [2, 6, 7], на відміну від відомої методики, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звузити діапазон можливих оцінок, що підвищує об'єктивність прийняття рішень та дозволяє рекомендувати його як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автодорожньої експертизи.

Рекомендації в експертній практиці з обрання табличних даних величини усталеного уповільнення, одержані при випробуваннях застарілих конструкцій легкових автомобілів радянського виробництва, нині потребують методичного вдосконалення з урахуванням сучасних конструкцій гальмівних систем автомобілів.

1. 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.
2. Волков В.П. Совершенствование методов автотехнической експертизы 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. Скляров. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.
3. Автомобильный справочник Bosch. Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 896 с.
4. Тартаковский Д. Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.
5. Подригало М.А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин. / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобошко. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 403с.
6. Кашканов В. А. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП : монографія / В. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, А. А. Кашканов, В.П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 129 с.
7. Кашканов А. А. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних : монографія / А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, В. А. Кашканов. Вінниця: ВНТУ, 2010. – 146 с.
8. Кашканов А.А., Кужель В.П., Грисюк О.Г. Комплексна програма оцінювання експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів при експертизі ДТП // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь. – 2011. – Вип.121/2011.
9. Кашканов А.А., Кашканов В.А., Грисюк О.Г. Математична модель гальмівного шляху автомобіля при екстреному гальмуванні з АБС // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк. – 2012, випуск №36.
10. Кашканов А.А., Гуцалюк О.В. Вплив невизначеності даних на результати оцінювання гальмових властивостей автомобілів при експертизі ДТП // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк. – 2012, випуск №37.
11. Кашканов А.А. Застосування нечіткої логіки в автомобільній автоматиці // Автомобільний транспорт: зб. наук. пр. – Харків. – 2003, №13.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014.

©А.А.Кашканов, І.Р.Тишківський

УДК 625.7/8

І.В.Кіяшко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РІВЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ТА ЩІЛЬНІСТЬ РОЗТАШУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОРОЖНЬОГО СЕРВІСУ

В статті проаналізовано стан та рівень забезпечення учасників дорожнього руху об'єктами сервісу на основі, якого виявлена недосконаліть в нормуванні відстані розташування даних об'єктів. За результатами анкетування, в якому враховані побажання та потреби користувачів дорожніх послуг, отримано дані, щодо відстаней розташування об'єктів дорожнього сервісу. Запропонована методика визначення пасажиропотоку та класифікація автомобільних доріг загального користування України в залежності від пасажиропотоку.

Ключові слова: *об'єкти дорожнього сервісу, комфортність, безпека руху, коефіцієнт пасажиромісткості, пасажиропотік, користувачі дорожніх послуг.*

Табл 9. Літ 6.

В статье проанализировано состояние и уровень обеспеченности участников дорожного движения объектами дорожного сервиса на основании, которого выявлены недостатки в нормировании расстояний размещения данных объектов. На основании результатов анкетирования, в котором учтены мнения, пожелания потребителей дорожніх услуг, получены данные о расстояниях размещения объектов дорожного сервиса. Предложена методика определения пассажиропотока, а также классификация автомобильных дорог общего пользования Украины в зависимости от пассажиропотока.

Ключевые слова: *объекты дорожного сервиса, комфортность, безопасность движения, коэффициент пассажировместимости, потребитель дорожных услуг.*

The situation and level of maintenance of road traffic of objects service on highways Ukraine are analyzed in the given article. The series material weaknesses in respect of a systematic approach to substantiation and normalization of distances location of road service with the requirements of road users are found. To justification distance to location service proposed consider such factors as age of users of traffic services that including passenger and experience driving a vehicle by drivers - amateur and drivers – professionals. As a result of processing of the questionnaires, are get the data concerning the proposed location of the distances of road service. Also the classification of common use roads in Ukraine according to the traffic flow and methods of determining the traffic flow is proposed.

Keywords: *objects of road service, comfort, traffic safety, coefficient passenger capacity, passenger flow, users of road services.*

Постанова проблеми. Сучасна автомобільна дорога являє собою комплексну споруду, основним призначенням якої є забезпечення безпеки, комфортності і зручного руху транспортних засобів, а також своєчасного і якісного обслуговування водіїв, пасажирів і автомобілів які знаходяться в дорозі.

Відповідно з діючими нормами мережа об'єктів сервісу складається з будівель і споруд, призначених для створення нормальних умов життєдіяльності людей, які знаходяться в дорозі. До об'єктів дорожнього сервісу відповідно СОУ 45.2-00018112-077 [1] належать: об'єкти довготривалого відпочинку, об'єкти тимчасового находження та відпочинку споживачів, об'єкти для обслуговування автомобілів, пункти харчування та об'єкти забезпечення життєдіяльності споживачів. Тобто авто-готелі, мотелі, кемпінги, майданчики відпочинку, майданчики для короткотривалої зупинки автомобілів, пункти харчування (ресторани, кафе, столові і буфети), торгові об'єкти (магазини, кіоски), автозаправні станції (АЗС), дорожні станції технічного обслуговування автомобілів, пункти мийки автомобілів на в'їзді в місто, пристрій для технічного огляду автомобіля і т.д..

Комфортність обслуговування і безпека руху користувачів об'єктами сервісу в значній мірі визначаються параметрами розміщення будівель і споруд відносно проїзної частини дороги, створення умов для комфортного з'їзду з дороги і стоянки транспортних засобів. Разом з тим створення на теперішній час мережа об'єктів сервісу на автомобільних дорогах країни в багатьом не досконала і має ряд недоліків. До числа найбільш поширених відносяться:: занадто щільне або навпаки дуже рідке розташування необхідних об'єктів дорожнього сервісу, відсутність чи недостатні розміри автостоянок, невірне розміщення елементів споруд відносно проїзної частини дороги, порушення правил застосування і недостатня кількість технічних засобів організації дорожнього духу. Все це негативно впливає на умови і режим руху

©І.В.Кіяшко

транспортних потоків, що призводить до утворення неупорядкованого руху транспортних засобів і скоєнню дорожньо-транспортних пригод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Належний відпочинок та харчування, кваліфікаційне обслуговування транспортних засобів, їх своєчасна заправка паливом і мастилами – все це має суттєвий вплив на комфортабельність і безпеку дорожнього руху. За результатами багатьох досліджень встановлено прямий зв'язок між кількістю ДТП, які трапляються на дорогах і часом перебування водіїв за кермом автомобіля, умовами та тривалістю їх відпочинку.

Різноманітність факторів, які слід враховувати при надані відповідних послуг користувачам ускладнює вирішення задачі, щодо організації якісного обслуговування на дорозі.

Нормування відстані розташування об’єктів сервісу в Україні здійснюється згідно вимог ДБН В.2.3-4

Таблиця 1

Відстані між об'єктами сервісу в залежності від категорії дороги за ДБН В.2.3-4

Об'єкти сервісу	Відстані між об'єктами сервісу в залежності від категорії дороги, км					
	Категорії доріг					
	I-а	I-б	II	III	IV	V
Майданчики відпочинку	15-20	15-20	15-20	25-30	35-40	35-40
Автозаправні станції (АЗС), газові накопичувальні станції (АГНС)	15-20 в обох напрямках	15-20 в обох напрямках	35-40	50-60	60-80	60-80
Станції технічного обслуговування (СТО)	50-60	50-60	70-90	70-90	-	-
Зупинки автобусів	<3	<3	<3	<3	-	-

Проведений аналіз зазначеного нормативного документа показав недосконаліть в нормуванні відстані розташування та переліку об’єктів дорожнього сервісу за наступними пунктами:

1. Відстані розташування об’єктів сервісу запропоновані в період існування Радянського Союзу;

2. Перелік об’єктів сервісу недостатній, нормується тільки 4 вида об’єктів: майданчики відпочинку, АЗС і СТО, автобусні зупинки. Не нормуються відстані розташування між: об’єктами довготривалого відпочинку, пунктами харчування, індивідуального технічного огляду, місцями загального користування;

3. За аналізом літературних джерел при обґрунтуванні відстань розташування об’єктів сервісу не враховувалися данні користувачів такі, як: вік водіїв і пасажирів та стаж роботи водіїв.

Були проаналізовані дані різних дослідників, щодо відстані розміщення об’єктів довготривалого відпочинку, до яких відносяться: мотелі, готелі, кемпінги та автопансіонати. Наведені відстані суттєво відрізняються одне від іншого. Також розглядалися дані щодо відстані розміщення об’єктів тимчасового знаходження та відпочинку користувачів до яких належать: майданчики відпочинку, видові майданчики та автопавільйони. Звертає на себе той факт, що за даними Н.П. Орнадського та С.А. Трескинского чим вище категорія дороги тім більша відстань розташування об’єктів довготривалого та тимчасового відпочинку. Але потрібно навпаки, виходячі з того, що інтенсивність руху транспортних засобів значно зростає з підвищенням категорії дороги, при цьому зростає і потреба користувачів доріг в кількості та щільності розташування даних об’єктів.

Таблиця 2

Аналіз даних, щодо відстані розміщення об'єктів довготривалого відпочинку

Джерела посилання	Категорія дороги					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
За даними Н.П. Орнадського, км.	150	140	120	100	90	90
За даними С.А. Трескинского, км.	150-100	140-80	120-60	100-50	90-30	90-30
За даними В.Ф. Бабкова, км.	500					

Таблиця 3

Аналіз даних, щодо відстані розміщення майданчиків відпочинку

Джерела посилання	Категорія дороги					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
За даними Н.П. Орнадського, км.	30	28	24	20	18	18
За даними С.А. Трескинского, км.	15-22	12-20	9-18	7-15	5-12	5-12
За даними В.Ф. Бабкова, км.	20	20	20	25-35	45-55	45-55

Проведений аналіз відстаней розташування об’єктів для обслуговування автомобілів,до яких відносяться: пункти технічної допомоги, СТО, зупинки маршрутних транспортних засобів, майданчики для стоянки транспортних засобів, АЗС, АГНС, пункти мийки, устаткування для технічного огляду. За результатами виконаного аналізу особливі протиріччя відносяться до відстанів розташування автозаправних станцій за даними тіх же Н.П. Орнадського та С.А. Трескинского, чим вище категорія дороги тім більша відстань розташування між АЗС, аналогічна ситуація, що і в попередньому випадку.

Таблиця 4

Аналіз даних, щодо відстані розташування АЗС (АГНС)

Джерела посилання	Категорія дороги					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
За даними Н.П. Орнадського	195	182	156	130	117	117
За даними С.А.Трескинского	190-130*	180-105	155-80	130-65	120-40	120-40
За даними В.Ф. Бабкова	20-25 в обох напрямках	20-30 в обох напрямках	40-60 в обох напрямках	40-50	-	-
За даними Я.В. Хомяка	20-25 в обох напрямках	30-40 в обох напрямках	40-50 в обох напрямках	50-60 в обох напрямках або 40-50 в одному напрямку	30-40	30-40

Примітка: перша цифра – для рівної місцевості; друга цифра – для гірської місцевості

Щодо відстаней розміщення об’єктів харчування і обслуговування користувачів та між стоянками транспортних засобів, за даними Н.П. Орнадського та С.А.Трескинского

рекомендовані відстані майже однакові, але в наступний раз зосереджує увагу обставина, то що чим вище категорія дороги тім більша відстань розташування між зазначеними об’єктами, а повинно бути навпаки чим більша інтенсивність руху транспортних засобів тим необхідно більше та щільніше розташовувати зазначені об’єкти.

Таблиця 5

Аналіз даних, щодо відстані розташування об'єктів харчування

Джерела посилання	Категорія дороги					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
За даними Н.П. Орнадського	60	56	48	40	36	36
За даними С.А. Трескинского	60-40*	55-30	45-25	40-20	35-15	35-15

Примітка: перша цифра – для рівнинної місцевості; друга цифра – для гірської місцевості

Таблиця 6

Аналіз даних, щодо відстані розташування стоянок ТЗ

Джерела посилання	Категорія дороги					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
За даними Н.П. Орнадського	22,5	21	18	15	13,5	13,5
За даними С.А. Трескинского	30-20	28-16	24-12	20-10	18-6	18-6

Мета дослідження. Обґрунтувати оптимальні відстані розташування об’єктів дорожнього сервісу, з подальшим їх нормуванням, для забезпечення потреб користувачів дорожніх послуг в комфорті та безпеки руху в сучасних умовах експлуатації автомобільних доріг.

Основні результати дослідження. В процесі реалізації поставленої мети проводилось дослідження щодо обґрунтування необхідної щільності розташування об'єктів дорожнього сервісу на автомобільних дорогах з урахуваннях пропозицій користувачів враховуючі їх вік та стаж водіння. Анкетуванням були охвачені робітники дорожніх підприємств Київської, Харківської, Чернігівської та Полтавської областей, а також студенти ХНАДУ. За результатами обробки анкет, в яких надавалась можливість враховувати пропозиції користувачів з розподілом їх за групами (водії-професіонали, водії-любителі, пасажири), за віком і стажем водіння, були отримані наступні дані:

1. Відстані розташування між об’єктами довготривалого відпочинку, водії-професіонали та пасажири вважають оптимальними 50-100 км, водії-любителі відстані розташування між 50 до 150 км.
2. Оптимальна відстань розташування між майданчиками відпочинку для водіїв-професіоналів та пасажири складає 30-40 км, водії-любителі 20-30 км.
3. Оптимальні відстані між пунктами харчування знаходяться в межах для водіїв-професіоналів від 20 до 40 км, водії-любителі та пасажири - 40-60 км.
4. Оптимальна відстані між заправними станціями, водії-професіонали та любителі вважають -50-100 км, пасажири понад 50 км.
5. Відстані між станціями технічного обслуговування для водіїв-професіоналів та пасажирів оптимальними є понад 50 км, для водіїв-любителів - 100км.
6. Відстань між пунктами технічного огляду транспортних засобів: водії-професіонали і пасажири вважають від 40 до 60 км, водії-любителі 60-80 км.
7. Оптимальні відстані між громадськими вбиральнями водіїв-професіоналів і пасажирів знаходяться в межах 50-100 км, для водії-любителі понад 50 км.

Також встановлено, що найбільш ефективною організацією побутового та технічного обслуговування є об'єднання установ дорожнього сервісу в сучасні комплекси. Запропоновано склад придорожніх комплексів за їх видами і типами та схеми планування дорожніх комплексів при їх проектуванні з врахуванням категорії дороги.

Запропонована класифікація автомобільних доріг загального користування України в залежності від пасажиропотоку та методика визначення пасажиропотоку.

Методика розрахунку пасажиропотоку зводиться до приведення різних типів транспортних засобів враховуючі їх пасажиромісткість, використовуя відповідний коефіцієнт та виконуючі розрахунок за наведеною залежністю:

$$N_n = \sum N_{ni} \cdot K_i \qquad (1)$$

де N_{ni} - кількість транспортних засобів зазначеного типу;

K_i - коефіцієнт приведення до пасажиромісткості.

Таблиця 7

Коефіцієнти приведення транспортних засобів до пасажиромісткості.

Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення до пасажиромісткісті
Мотоцикл без коляски та мопед	1,0
Мотоцикл з коляскою	1,5
Легковий автомобіль: - пікап, фургон, купе; - седан, хетчбек; - міні-вен.	 1,5 2,5 3,0
Вантажний автомобіль	1,0
Автопоїзд	2,0
Мікроавтобус	5,0
Малий автобус (до 30 місць)	15,0
Середній автобус (до 50 місць)	30,0
Великий автобус (більше 50 місць)	50,0

Таблиця 8

Запропонована класифікація автомобільних доріг загального користування в залежності від пасажиропотоку

Категорія дороги	Розрахункова перспективна інтенсивність руху (за ДБН В.2.3-4:2007)		Розрахунковий перспективний пасажиропотік чол./добу
	У транспортних одиницях	У приведених до легкового автомобіля	
I а	Понад 10000	Понад 14000	Понад 30000
I б	Понад 10000	Понад 14000	Понад 30000
II	Від 3000 до 10000	Від 5000 до 14000	Від 15000 до 30000
III	Від 1000 до 3000	Від 2500 до 5000	Від 5000 до 15000
IV	Від 150 до 1000	Від 300 до 2500	Від 1000 до 5000
V	До 150	До 300	До 1000

За результатами проведеного дослідження рекомендовані середні відстані розташування об'єктів дорожнього сервісу.

Таблиця 9

Середні відстані розташування об'єктів дорожнього сервісу, що рекомендуються

Об'єкти дорожнього сервісу	Категорія дороги			
	Іа – Іб	II	III	IV - V
Об'єкти довготривалого відпочинку	60	80	100	120
Майданчики відпочинку	15 – 20*	25 - 35	40	50 - 60
Пункти харчування	30	35 - 40	40 - 50	50 - 60
АЗС	30*	40 – 50*	80	100
СТО	30*	40 - 50	80	100
Пункти технічного обслуговування автомобілів	15 – 20*	25 - 30	40	50 - 60
Туалети	15 – 20*	25 - 30	40	50
Пункти аварійно-викличного зв'язку	20*	30	40	50

Примітки: * - для автомобільних доріг I та II категорії розташування об'єктів дорожнього сервісу пропонується з обох сторін від дороги.

Висновки.

1. Проаналізовано стан та рівень забезпечення учасників дорожнього руху об'єктами сервісу на автомобільних дорогах України. В цілому існує ціла низка суттєвих недоліків, щодо системного підходу в обґрунтуванні та нормуванні відстаней розташування об'єктів дорожнього сервісу з урахуванням вимог користувачів автомобільних доріг.

2. Нормування відстані розташування об’єктів сервісу в Україні здійснюється за
ДБН В.2.3-4. Згідно проведеного аналізу зазначеного документа виявлена недосконаліть в нормуванні відстаней розташування об’єктів дорожнього сервісу.

3. До обґрунтування відстаней розташування об’єктів сервісу запропоновано враховувати побажання та потреби користувачів дорожніх послуг за наступними факторами, як: вік користувачів дорожніх послуг включаючи пасажирів та стаж керування транспортними засобами водіями-любителями та водіями – професіоналами.

4. За результатами обробки анкет, отримані дані, щодо запропонованих відстаней розташування об’єктів дорожнього сервісу, та після їх обробки надані рекомендації, до середньої відстані розташування даних об’єктів.

5. Запропонована класифікація автомобільних доріг загального користування України в залежності від пасажиропотоку та методика визначення пасажиропотоку.

1. СОУ 45. 2-00018112-077:2012. Автомобільні дороги. Споживчі властивості автомобільних доріг загального користування – Київ, Державна служба автомобільних доріг України, 2012 – 28 с.
2. ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування – Київ, Мінрегіонбуд України, 2007 – 91 с.
3. Трескинский С.А., Кудрявцев. Эстетика автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1978. – 118 с.
4. Орнадський Н.П. Благоустройство автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1986. –136 с.
5. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. Киев: Вища школа, 1986. – 216 с.
6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения – М.: Транспорт, 1981. – 240 с.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2014.

УДК 625.06/08(031)

Е.С.Клімов
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ ПОВОРОТУ ШИНИ КЕРОВАНОГО КОЛЕСА НА МІСЦІ

Наведено аналіз існуючих методів дослідження моменту опору повороту шини керованого колеса на місці залежно від положення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно контактного відбитка шини та характеру руху керованого колеса під час повороту. З'ясовано їх особливості, що дозволили отримати достовірні залежності для визначення моменту опору повороту шини керованого колеса на місці.

Ключові слова: *шина, момент опору повороту, центр повороту, кут повороту колеса.*
Рис 1. Форм 5. Літ 10

Э.С.Климов

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОВОРОТУ ШИНЫ УПРАВЛЯЕМОГО КОЛЕСА НА МЕСТЕ

Приведен анализ существующих методов исследования момента сопротивления повороту шины управляемого колеса на месте в зависимости от положения точки встречи оси шкворня с опорной поверхностью относительно контактного отпечатка шины и характера движения управляемого колеса при повороте. Установлены их особенности, которые позволили получить достоверные зависимости для определения момента сопротивления повороту шины управляемого колеса на месте.

Ключевые слова: *шина, момент сопротивления повороту, центр поворота, угол поворота колеса.*

E.Klimov

DETERMINATION OF THE MOMENT OF STEERABLE WHEEL TIRE TURNING RESISTANCE

The article deals with the analysis of existing research methods of moment of steerable wheel tire turning resistance depending on the position of the point of pivot center relative to tire contact. The method for determination of the moment of steerable wheel tire turning resistance is defined by the type of the steerable wheel movement. The type of movement is determined by the position of the point of pivot center relative to the tire contact, and peculiarities of the steerable wheel drive. When the point of pivot center is within the tire contact, steerable wheel does'nt roll along the road surface. The steerable wheel rolls over the road surface, if the point of pivot center is beyond the tier contact. The existing dependencies make it possible to determine the moment of steerable wheel tire turning resistance if the steerable wheel at turning does not roll over the road surface. At the same time it is considered that the contact tier slides in the road surface. The point of pivot center is the center of rotation. These dependences take into account the load on the wheel, friction coefficient, tier contact dimensions, position of the point of pivot center relative to the tier contact geometric center, the steerable wheel rotation angle. The moment of steerable wheel tire turning resistance without steerable wheel rolling on road surface is not considered in the paper.

Key words: *tier, moment of steerable wheel tire turning resistance, centre of rotation, wheel rotation angle.*

Постановка проблеми. Момент опору повороту шини керованого колеса є складовою моменту опору повороту керованого колеса як під час руху автомобіля, так і при повороті керованого колеса на місці. Величина моменту опору повороту шини значно залежить від швидкості руху автомобіля. Так, при повороті на місці на поверхнях з високим коефіцієнтом зчеплення момент опору повороту шини набуває свого максимального значення. При цьому його частина у моменті опору повороту керованого колеса на місці сягає 90 %. За максимальним значенням моменту опору повороту керованих коліс на місці ведуть розрахунки конструктивних параметрів кермових керувань та їх підсилювачів.

Під час руху автомобіля величина моменту опору повороту шини значно зменшується, порівняно з поворотом на місці, що призводить до зменшення моменту опору повороту керованих коліс. Величину моменту опору повороту керованого колеса під час руху автомобіля необхідно знати при вирішенні питання стійкості керованих коліс проти коливань.

Таким чином, момент опору повороту шини керованого колеса необхідно визначати при розрахунках параметрів кермових керувань автомобілів та при забезпеченні стійкості керованих коліс проти коливань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням моменту опору повороту шини керованого колеса на місці займались такі вчені: Б. Є. Мітін [5], А. С. Літвінов [2], М. І. Лисов

©Е.С.Клімов

[4], П. П. Лукашенко [3], Л. Л. Гінцбург [1], І. П. Чайковський [10], В. В. Редчиц [7], А. П. Солтус [6, 8, 9] та ін.

Практично та теоретично важливим є аналіз особливостей методів, за якими вищезгадані автори визначали момент опору повороту шини та одержали залежності для визначення цього моменту.

Мета статті. Визначитись з особливостями методів визначення моменту опору повороту шини керованого колеса на місці, що дозволили отримати достовірні залежності для його розрахунку.

Матеріал і результати дослідження. Метод визначення моменту опору повороту шини керованого колеса на місці залежить від особливостей руху керованого колеса, яке у загальному випадку під час повороту може перекочуватись або не перекочуватись по опорній поверхні. Останнє залежить від стану привода керованого колеса (блокований або розблокований) і положення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно контактного відбитка шини, яка може знаходитись як у межах контактного відбитка, так і за його межами [6].

Аналіз конструктивних параметрів керованих мостів автомобілів засвідчив, що у більшої їх частини точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться в межах контактного відбитка. Керовані колеса таких автомобілів за умови, що вони вільно обертаються відносно осі цапфи, при повороті на місці практично не перекочуються по опорній поверхні.

Разом з цим, відомі конструкції керованих мостів повноприводних автомобілів, у яких за рахунок збільшення довжини цапфи точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контактного відбитка. Це підтверджено аналізом установчих параметрів керованих коліс автомобіля високоефективної прохідності «ВЕПР», у якого наявність у конструкції керованого моста незалежної торсійної підвіски та колісних редукторів спричинила збільшення довжини цапфи та винесення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею за межі контактного відбитка. Керовані колеса цього автомобіля при повороті на місці перекочуються по опорній поверхні.

Дослідженню моменту опору повороту шини керованого колеса на місці при розблокованому приводі та розташуванні точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею в межах контактного відбитка за умови, що кероване колесо при повороті не перекочується по опорній поверхні, присвячені роботи [1–7, 9–10].

З аналізу вищезгаданих робіт випливає, що при розблокованому приводі керованого колеса та розташуванні точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею в межах контактного відбитка, з достатньою для практичних розрахунків точністю, уважають, що кероване колесо під час повороту на місці не обертається відносно осі цапфи, а контактний відбиток шини ковзає по опорній поверхні, повертаючись відносно точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею. При цьому зазначимо, що у роботах Б. Є. Мітіна, А. С. Літвінова, М. І. Лисова, П. П. Лукашенка, Л. Л. Гінцбурга, І. П. Чайковського, В. В. Редчица розглядається визначення тільки максимального значення моменту опору повороту шини на недеформованій опорній поверхні, яке виникає при великих кутах повороту керованих коліс на місці, коли всі точки контактного відбитка шини ковзають по цій поверхні.

На відміну від вищезгаданих робіт, А. П. Солтус визначає момент опору повороту шини залежно від кута повороту керованого колеса та швидкості його руху. При цьому поворот керованого колеса на місці автор розглядає як окремий випадок, коли швидкість руху колеса дорівнює нулю. На основі проведених досліджень А. П. Солтус робить висновок, що загальним при повороті керованого колеса на місці та під час руху автомобіля є кут закручування тіла шини, що знаходиться між контактним відбитком шини та жорстким ободом. При цьому автор зазначає, що кут закручування тіла шини керованого колеса, яке при повороті на місці не перекочується по опорній поверхні, є кутом повороту колеса.

Під час руху керованого колеса контактний відбиток шини постійно поновлюється, а кут закручування тіла шини, на відміну від повороту на місці, є функцією швидкості руху автомобіля, кутової швидкості повороту керованого колеса водієм, розмірів контактного відбитка шини та величини зміщення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно поздовжньої осі контактного відбитка шини. Автор рекомендує визначати цей кут закручування за виразом [6]:

$$\Theta_з = \frac{(a + 2x)\cdot \dot{\Theta}}{2 \cdot V}, \qquad (1)$$

де $\Theta_з$ – кут закручування тіла шини під час руху автомобіля в рад; a – поздовжня вісь відбитка шини керованого колеса в м; x – зміщення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно поперечної осі контактного відбитка шини в м; $\dot{\Theta}$ – кутова швидкість повороту керованого колеса водієм у рад/с; V – швидкість руху колеса в м/с.

Аналіз робіт А. П. Солтуса [6, 9] свідчить, що залежність моменту опору повороту шини від кута закручування тіла шини, який при повороті колеса на місці без його перекочування по опорній поверхні буде кутом повороту колеса, є функцією кута повороту колеса.

На рис. 1 наведено залежність $M_\varphi = f(\Theta)$ моменту опору повороту шини керованого колеса на місці на сухому асфальтобетоні при розблокованому приводі та розташуванні точки зустрічі осі шворня в межах контактного відбитка від кута повороту колеса Θ [6].

Автор умовно поділяє залежність $M_\varphi = f(\Theta)$ на три ділянки:

1) ділянка умовної лінійної залежності функції $M_\varphi = f(\Theta)$;

2) ділянка нелінійної залежності функції $M_\varphi = f(\Theta)$;

3) ділянка граничного за зчепленням моменту опору повороту шини $M_{\varphi max}$, на якій величина цього моменту набуває максимального значення, яке обмежено силами зчеплення елементів шини, що контактують з опорною поверхнею. Величина моменту опору повороту шини на цій ділянці не залежить від кута повороту колеса Θ.

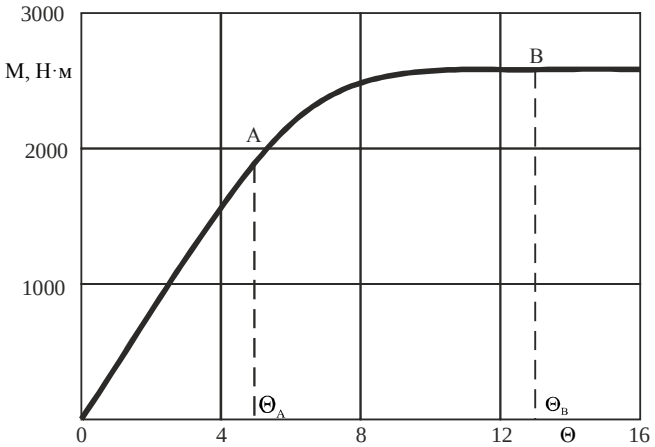


Рис. 1. **Залежність $M_\varphi = f(\Theta)$ моменту опору повороту шини керованого колеса на місці від кута повороту колеса Θ [6]**

З аналізу робіт [6, 9] випливає, що на опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення при повороті керованого колеса на кут до 5° (ділянка OA) відбувається пружне закручування тіла шини, яке знаходиться між жорстким ободом і контактним відбитком шини, кожна точка якого знаходиться в стані зчеплення з опорною поверхнею. Момент опору повороту шини на цій ділянці залежить лише від сил пружної деформації тіла шини. Залежність моменту опору повороту шини на місці від кута повороту Θ на цій ділянці, з достатньою для практичних розрахунків точністю, рекомендується у роботі [6] визначати так:

$$M_\varphi = c_\omega \Theta, \qquad (2)$$

де c_ω – кутова жорсткість шини, яка визначається при повороті керованого колеса на місці на опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення та залежить від навантаження на кероване колесо, тиску повітря в шині, типу шини.

При кутах повороту керованого колеса в межах 5–13° (ділянка AB) контактний відбиток шини буде мати зони ковзання та зчеплення. У міру збільшення кута повороту площа зон зчеплення зменшується, а зон ковзання збільшується. Момент опору повороту шини на цій ділянці можна визначити за запропонованою А. П. Солтусом у роботі [6] залежністю:

$$M_\varphi = M_{\varphi max} - \left(M_{\varphi max} - c_\omega \Theta_A\right)\left(\frac{\Theta_B - \Theta}{\Theta_B - \Theta_A}\right)^2, \qquad (3)$$

де $M_{\varphi max}$ – граничний за зчепленням момент опору повороту шини; Θ_A – найбільший кут повороту колеса на місці, при якому зберігається умовно лінійна залежність функції $M_\varphi = f(\Theta)$. На опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення рекомендується у роботі [6] брати $\Theta_A = 5^0$; Θ_B – найменший кут повороту колеса на місці, при якому момент опору повороту шини набуває граничного за зчепленням значення $M_{\varphi max}$. На опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення рекомендується в роботі [6] брати $\Theta_B = 13^0$.

Поворот керованого колеса на кут більший за 13° призведе до відсутності зон зчеплення в контакті шини з опорною поверхнею. При цьому кожна точка контактного відбитка буде ковзати по опорній поверхні. На цій ділянці момент опору повороту шини набуває свого максимального значення $M_{\varphi max}$ і не залежить від кута повороту Θ.

На основі проведених досліджень А. П. Солтус дійшов до висновку, що величину моменту опору повороту шини у повному діапазоні кута повороту керованого колеса можна описати трьома залежностями.

Щодо граничного за зчепленням моменту опору повороту шини, то його дослідженню присвячені роботи [1–7, 9–10]. Найбільш глибоко цей момент було досліджено у роботах В. В. Редчица [7] та А. П. Солтуса [6, 9]. Для отримання універсальних залежностей для визначення цього моменту автори приводять відбиток шини, що може мати форму овалу, еліпса, круга, до рівновеликого прямокутника. Отриманий прямокутник ділять на чотири прямокутники так, що точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею є загальною вершиною для кожного з них. У цьому випадку величина моменту опору повороту шини буде дорівнювати сумі моментів опору повороту кожного із прямокутників.

У роботі [7] автор наводить залежність, яку отримано за умови, що рівнодіючу сил тертя-ковзання прикладено у геометричному центрі кожного із чотирьох прямокутників, коефіцієнти зчеплення та нормальний тиск у кожній точці контактного відбитка однакові:

$$M_\varphi = \frac{1}{16} p\varphi \left[\begin{array}{l}(b+2l_0)(a+2y)\sqrt{(b+2l_0)^2+(a+2y)^2} + (b+2l_0)(a-2y)\sqrt{(b+2l_0)^2+(a-2y)^2} + \\ +(b-2l_0)(a-2y)\sqrt{(b-2l_0)^2+(a-2y)^2} + (b-2l_0)(a+2y)\sqrt{(b-2l_0)^2+(a+2y)^2}\end{array}\right], \qquad (4)$$

де p – питомий тиск шини на опорну поверхню; φ – коефіцієнт зчеплення шини з опорною поверхнею; a, b – поздовжня та поперечна осі контактного відбитка шини; l_0, y – зміщення центра повороту (точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею) відносно поздовжньої та поперечної осі контактного відбитка.

У роботі [6] момент опору повороту кожного прямокутника визначається розв'язанням подвійного інтеграла $M_{\varphi max} = \varphi p \int_0^a \int_0^b \sqrt{x^2 + y^2}\, dydx$. Представлена у цій роботі залежність для визначення граничного за зчепленням моменту опору повороту шини має вигляд:

$$M_{\varphi max}=\frac{\varphi G_к}{6ab}\left[\begin{array}{l} a_1^3\,ln\frac{b_1+\sqrt{a_1^2+b_1^2}}{a_1}+2a_1b_1\sqrt{a_1^2+b_1^2}+b_1^3\,ln\frac{a_1+\sqrt{a_1^2+b_1^2}}{b_1}+ \\ +a_2^3\,ln\frac{b_2+\sqrt{a_2^2+b_2^2}}{a_2}+2a_2b_2\sqrt{a_2^2+b_2^2}+b_2^3\,ln\frac{a_2+\sqrt{a_2^2+b_2^2}}{b_2}+ \\ +a_3^3\,ln\frac{b_3+\sqrt{a_3^2+b_3^2}}{a_3}+2a_3b_3\sqrt{a_3^2+b_3^2}+b_3^3\,ln\frac{a_3+\sqrt{a_3^2+b_3^2}}{b_3}+ \\ +a_4^3\,ln\frac{b_4+\sqrt{a_4^2+b_4^2}}{a_4}+2a_4b_4\sqrt{a_4^2+b_4^2}+b_4^3\,ln\frac{a_4+\sqrt{a_4^2+b_4^2}}{b_4} \end{array}\right], \quad (5)$$

де $a_1=\frac{a}{2}-y$, $b_1=\frac{b}{2}-l_0$; $a_2=\frac{a}{2}-y$, $b_2=\frac{b}{2}+l_0$; $a_3=\frac{a}{2}+y$, $b_3=\frac{b}{2}+l_0$; $a_4=\frac{a}{2}+y$, $b_4=\frac{b}{2}-l_0$; y – плече стабілізації; l_0 – плече обкотки.

Наведені залежності (4), (5) дозволяють визначити граничний за зчепленням момент опору повороту шини керованого колеса при розташуванні центра повороту в межах контактного відбитка за умови, що при повороті на місці кероване колесо не перекочується по опорній поверхні.

З аналізу наведених залежностей видно, що граничний за зчепленням момент опору повороту шини залежить від навантаження на колесо, коефіцієнта зчеплення, розмірів контактного відбитка та положення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно геометричного центра відбитка шини і не залежить від кута повороту Θ.

У роботі [8] автори наводять результати дослідження граничного за зчепленням моменту опору повороту шини керованого колеса при розташуванні точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею за межами її контактного відбитка та заблокованому приводі. Експериментальні дослідження проводились на автомобілі високої прохідності сімейства «ВЕПР», обладнаного шинами розміром 12.00 – 20 моделі К-70, при значеннях плеча обкатки 147 і 252 мм. Аналіз результатів цих досліджень свідчить, що при повороті на місці шина керованого колеса із заблокованим приводом ковзає по опорній поверхні без перекочування, а центром повороту контактного відбитка є точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею. Отримано залежність для визначення граничного за зчепленням моменту опору повороту шини.

Разом з цим, у цій роботі автори зазначають, що при розташуванні точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею за межами контактного відбитка процес повороту керованого колеса принципово змінюється, якщо привод керованого колеса розблокований. У цьому випадку керованому колесу надається додатковий ступінь вільності – поворот навколо осі цапфи. При повороті на місці таке кероване колесо перекочується по опорній поверхні. У цій роботі також зазначається практична та теоретична доцільність дослідження повороту на місці керованого колеса при розблокованому приводі та розташуванні точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею за межами відбитка шини.

Висновки. Поворот на місці розблокованого керованого колеса з пневматичною шиною за відсутності його кочення по опорній поверхні відбувається за умови розташування точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею в межах контактного відбитка. При цьому центром повороту відбитка шини вважається точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею. Існують залежності, що дозволяють визначити момент опору повороту шини на місці у повному діапазоні кута повороту колеса. Вони враховують навантаження на колесо, коефіцієнт зчеплення, розміри контактного відбитка, положення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно геометричного центра відбитка шини, кут повороту колеса.

Процес повороту на місці керованого колеса з пневматичною шиною при розташуванні точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею за межами відбитка шини залежить від стану привода керованого колеса. При заблокованому приводі кероване колесо не перекочується по

опорній поверхні, а центром повороту контактного відбитка буде точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею. Відома залежність для визначення моменту опору повороту шини для для цього випадку. При розблокованому приводі кероване колесо буде перекочуватись по опорній поверхні. Поворот на місці такого керованого колеса в даній роботі не розглядається.

1. Гинцбург Л. Л. Расчет и выбор параметров гидравлической системы усилителя рулевого управления / Л. Л. Гинцбург // Автомобильная промышленность. – 1960. – № 1.
2. Литвинов А. С. Теория криволинейного движения колесных машин : дис. … доктора техн. Наук : 05.05.03 / Литвинов Андрей Сергеевич. – М., 1959. – 236 с.
3. Лукашенко П. П. Исследование нагрузочных режимов рулевого управления автомобиля : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Лукашенко Петр Петрович. – М., 1966. – 205 с.
4. Лысов М. И. Усилители рулевого управления автомобилей / М. И Лысов // Автомобильная промышленность. – 1955. – № 6 – С. 12–15
5. Митин Б. Е. Исследование основных конструктивных факторов, влияющих на легкость рулевого управления автомобиля : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.03 / Б. Е. Митин. – Минск, 1952. – 14 с.
6. Основы теории рабочего процесса и расчета колесных управляющих модулей : монография / А. П. Солтус. – Деп. в Укр. НИИНТИ №501-Ук90 ВИНИТИ "Деп. науч. труды", 1990. – № 7(290), б/о 203. – 234 с.
7. Редчиц В. В. Определение максимального момента сопротивления повороту управляемых колес на месте / В. В. Редчиц // Автомобильная промышленность. – 1973. – № 9. – С. 17 – 18.
8. Солтус А. П. Вплив плеча обкатки на граничний за зчепленням момент повороту шини // А. П. Солтус, В. І. Пилипенко // Вісник КДПУ. – 2008. – № 1 (48). – Ч. 1. – С. 71–74.
9. Солтус А. П. Основы теории рабочего процесса и расчёта колёсных управляющих модулей : дис. ... доктора техн. наук : 05.05.03 / Солтус Анатолий Петрович. – К., 1994. – 250 с.
10. Чайковский И. П. Исследование нагрузок, действующих на детали рулевого управления колесных машин / И. П. Чайковский // «Весник техники» – 1965. – № 3. – С. 15–20.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2014.

©Е.С.Клімов

УДК 504.75

Л.О.Коваленко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ШУМУ НА МАГІСТРАЛЯХ ТА ВУЛИЦЯХ МІСТА

В статті розглянуті питання оцінки ступеня акустичного забруднення міських вулиць та магістралей автомобілями транспортного потоку. Наведені результати експериментальних досліджень та вимірювань рівнів транспортного шуму на вулицях міста Харкова. Запропоновані заходи щодо зменшення ширини смуги розповсюдження шуму за допомогою шумозахисних екранів та зелених насаджень.

Ключові слова*: автомобільний транспорт, навколишнє середовище, еквівалентний рівень шуму*.
Табл. 1. Форм 4. Літ 12.

Л.А.Коваленко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА НА МАГИСТРАЛЯХ И УЛИЦАХ ГОРОДА

В статье рассмотрены вопросы оценки степени акустического загрязнения городских улиц и магистралей автомобилями транспортного потока. Приведены результаты экспериментальных исследований и измерений уровней транспортного шума на улицах Харькова. Предложены меры по уменьшению ширины полосы распространения шума с помощью шумозащитных экранов и зеленых насаждений.

Ключевые слова*: автомобильный транспорт, окружающая среда, эквивалентный уровень шума.*

L. Kovalenko

DETERMINATION OF THE NOISE LEVEL ON HIGHWAYS AND CITY STREETS

The questions of the degree of noise pollution of city streets and highways by car traffic have been assesed. The basis of most methods for traffic noise prognostication is the calculated equivalent sound level, which is a function of equivalent sound level of a particular traffic flow traffic. The disadvantages of calculation methods of the level sound dtermination is the fact that the basis for calculating the level of noise from the traffic is taken from the reference conditions , and then the amendments are taken into account to the conditions that differ from the standard. The research practice has shown that an effective method to study , to describe and to assess the traffic noise is the statistical processing and analysis of the results of field measurements . Based on the results of this statistical processing such calculated curves are established and techniques are developed and are used to calculation and to prognostication of noise level. The purpose of the pilot studies was to determine the noise pollution at various distances from the roadway. Measurement of equivalent sound level should be done by integrating sound level meter, by the combined measurement systems or automated systems and by the appropriate standard. The experimental results of researches and measurements of traffic noise on the streets of Kharkov have been shown. The measures to reduce the bandwidth of noise propagation through acoustic screens and green spaces have been proposed.

Keywords*: road transport, environment, equivalent to the noise level.*

Постановка проблеми. В даний час автомобільний транспорт став одним з основних видів джерел шумового впливу на навколишнє середовище. Очевидно, що питання оцінки ступеня акустичного впливу транспортних потоків повинні вирішуватися вже на стадіях проектування та експлуатації автомобільних доріг в районі забудови. Еквівалентний рівень шуму, як характеристика, відповідає фізичній природі шуму, створюваного автомобільним транспортом. Шуму транспортних потоків притаманні такі характерні особливості як різкі коливання рівня по амплітуді, відсутність часових залежностей, невизначеність динамічного діапазону. На рівень шуму автомобілів впливають швидкість руху, поздовжній ухил, шорсткість дорожнього покриття, а також інтенсивність руху і склад транспортного потоку, характер прилеглої території, геометрія ділянки дороги [1,2,3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В основі більшості методів прогнозування транспортного шуму лежить розрахунковий еквівалентний рівень звуку, що представляє собою функцію зміни еквівалентного рівня звуку від руху автомобілів транспортного потоку певної інтенсивності [1,4]:

$$L = 50 + 8{,}8 \cdot \lg N_{\Gamma}, \qquad (1)$$

де L – розрахунковий еквівалентний рівень звуку, дБА;
N_{Γ} – годинна інтенсивність руху, тр. од/год.

©Л.О.Коваленко

Зміни характеристик транспортного потоку (склад і швидкість руху) і дорожніх умов враховують введенням поправок в розрахунковий рівень звука. Таким чином, для прогнозування шуму в забудові, прилеглій до дороги, необхідно визначити: розрахунковий еквівалентний рівень звуку; зниження шуму за рахунок збільшення відстані до забудови, шумозахисних споруд та зелених насаджень [5,6,7].

Підставою для визначення рівня звуку транспортного потоку в пришляховій смузі є розрахунковий рівень звуку на відстані 7,5 м від вісі найближчої смуги на висоті 1,2 м від рівня проїзної частини.

Розрахунковий рівень еквівалентного звуку на автомобільній дорозі загального користування визначають за формулою проф. Поспєлова П.І. (МАДІ) в дБА [4,8]:

$$L_{\text{р}} = L_{\text{тп}} + \Delta L_{\text{т}} + \Delta L_{\text{д}} + \Delta L_{\text{с}} + \Delta L_{\text{у}} + \Delta L_{\text{п}} + \Delta L_{\text{рп}} + \Delta L_{\text{к}} + \Delta L_{\text{з}} + \Delta L_{\text{пер}}, \quad (2)$$

де L_p – розрахунковий рівень еквівалентного звуку, дБА;

$L_{\text{тп}}$ – розрахунковий рівень звуку від транспортного потоку, дБА;

$\Delta L_{\text{т}}$ – поправка, що враховує кількість автомобілів в потоці з карбюраторним двигуном, дБА;

$\Delta L_{\text{д}}$ – поправка, що враховує кількість автомобілів в потоці з дизельним двигуном, дБА;

$\Delta L_{\text{с}}$ – поправка, що враховує відхилення середньої швидкості руху на ділянці дороги в порівнянні зі швидкістю на горизонтальній, дБА;

$\Delta L_{\text{у}}$ – поправка, що враховує величину поздовжнього ухилу дороги, дБА;

$\Delta L_{\text{п}}$ – поправка, що враховує тип покриття проїзної частини, дБА;

$\Delta L_{\text{рп}}$ – поправка, що враховує наявність розділювальної смуги, дБА;

$\Delta L_{\text{к}}$ – поправка, що враховує поверхневий покрив придорожньої смуги, дБА;

$\Delta L_{\text{з}}$ – поправка, що враховує забудову в районі дороги, дБА;

$\Delta L_{\text{пер}}$ – поправка, що враховує тип пересічення доріг, дБА.

Не вирішені раніш проблеми. До недоліків розрахункових методів визначення рівня звуку можна віднести те, що за основу розрахунку рівня шуму від транспортного потоку беруться еталонні умови, а потім враховують поправки для урахування умов, що відрізняються від еталонних.

Еталонними умовами для розрахунку транспортного потоку шуму є рух потоку автомобілів на відстані 7,5 м від осі найближчої смуги автомобільної дороги при відсутності розділювальної смуги, на висоті 1,2 м над рівнем проїзної частини прямолінійної, горизонтальної ділянки з асфальтобетонним покриттям, при відсутності в радіусі 50 м забудови й інших перешкод, які відбивають звук, а також пересічень доріг при розповсюдженні шуму над землею; швидкість руху транспортного потоку, що відповідає заданій інтенсивності руху; у складі транспортного потоку 40% вантажних автомобілів, у тому числі 15% із дизельними двигунами.

Для автомобільних доріг, що знаходяться в експлуатації, розрахункова інтенсивність руху визначається на базі підрахунків, що проводяться дорожньо-експлуатаційною службою. За розрахункову приймають максимальну (годинну) інтенсивність руху на 5-й рік після впровадження проекту пришляхової забудови від транспортного шуму за формулою :

$$N` = N/T, \quad (3)$$

де $N`$ – розрахункова годинна інтенсивність руху, авт/год;

T – період доби, за який проходить основна маса автомобільного потоку по дорозі загального користування. Його значення коливаються від 10 до 14 годин. При відсутності даних дослідження – приймається 10 годин;

N – середньорічна добова інтенсивність руху і обох напрямках на 5-й рік експлуатації противошумових засобів, авт/добу, яка розраховується за формулою

$$N = N_0 \cdot q^5, \quad (4)$$

де N_0 – інтенсивність руху за рік до впровадження противошумових засобів, авт/добу,

q – темп річного приросту інтенсивності руху, що змінюється від 1,01 до 1,12. Приймається за даними дорожньо-експлуатаційної служби.

Практика дослідження показала, що ефективним методом вивчення, опису і оцінки транспортного шуму, є статистична обробка та аналіз результатів натурних вимірів. На підставі результатів такої статистичної обробки встановлюють розрахункові залежності та розробляють методики, які використовуються для розрахунку і прогнозування рівня транспортного шуму [4,5].

Мета дослідження. Метою проведення експериментальних досліджень було визначення акустичного забруднення на різних відстанях від проїзної частини.

Основні результати дослідження. Об'єктом для експериментальних досліджень були обрані дві ділянки магістральної вулиці загальноміського значення Салтівського шосе (поперечник 1-1 та поперечник 2-2), магістральна вулиця районного значення – Гвардійців – Широнінців (поперечник 3-3) та пр. 50-річчя ВЛКСМ (поперечник 4-4). В процесі обстеження ділянок міських вулиць були визначені геометричні параметри вулиць, швидкість автомобільного потоку, а також інтенсивність та склад руху під час проведення експериментальних досліджень.

Салтівське шосе відноситься до магістральної вулиці загальноміського значення. Розрахункова швидкість руху складає 90 км/год., інтенсивність руху дорівнює 1124 авт/год. Ділянка вулиці Салтівське шосе, обрана для досліджень, має три смуги руху в одному та в зворотньому напрямку. Ширина проїзної частини складає 13,0 м в кожному напрямку з роздільною смугою шириною 7 м. Покриття проїзної частини виконано з асфальтобетонної суміші. По вулиці проходить лінія трамваю і багато автобусних маршрутів.

Вулиця Гвардійців – Широнінців відноситься до магістральної вулиці загальноміського значення. По вулиці проходять маршрути автобусів і тролейбусів. Розрахункова швидкість руху складає 90 км/год. , інтенсивність руху дорівнює 648 авт/год. Вулиця Гвардійців - Широнінців має по дві смуги руху у кожному напрямку, ширина проїзної частини 15 м. Покриття вулиці виконано з асфальтобетонної суміші. Проспект 50-ти річчя ВЛКСМ відноситься до магістральної вулиці районного значення. Ширина проїзної частини дорівнює 22 м, ширина вулиці в межах червоної лінії – 101 м.

Вимірювання еквівалентного рівня звуку слід проводити інтегруючими шумомірами, комбінованими вимірювальними системами або автоматичними пристроями, відповідними стандартам [9,10]. Допускається застосування шумомірів зі стрілочним індикатором рівнів звуку. Для визначення рівня шуму від транспортного потоку використовувався шумомір малогабаритний ШМ-1, який складається з приладу вимірювального ПІ-14 і капсуля мікрофонного конденсаторного М-101 призначений для вимірювання рівня звуку і має частотні характеристики А і С. Шумомір використовується при вимірі шуму на промислових підприємствах, у містах та інших населених пунктах. Робочі умови застосування: температура навколишнього повітря від мінус 10ºС до плюс 40°С; відносна вологість повітря – 90% при температурі плюс 30°С; атмосферний тиск – від 86кПа до 106кПа (650мм.рт.ст.-800мм.рт.ст.). Робочий діапазон частот – від 20Гц до 8000Гц.

Місця для проведення вимірювань були обрані на ділянках доріг з установленою швидкістю руху транспортних засобів і на відстані не менше 50 м від перехресть, транспортних площ та зупиночних пунктів пасажирського громадського транспорту. При умовах, що поверхня проїзної частини вулиць і автомобільних доріг повинна бути чистою і сухою. При проведенні вимірювання шумової характеристики транспортного потоку, до складу якого можуть входити легкові та вантажні автомобілі, автопоїзди, автобуси (надалі – автомобілі), мотоцикли, моторолери, мопеди та мотовелосипеди (надалі – мотоцикли), а також тролейбуси та трамваї, вимірювальний мікрофон повинен розташовуватися на тротуарі або узбіччі на відстані 7,5 м від осі ближньої до точки виміру смуги або шляху руху транспортних засобів на висоті 1,5 м від рівня покриття проїзної частини або головки рейки. В умовах обмеженої забудови вимірювальний мікрофон допускається розташовувати на відстані меншій 7,5 м від осі ближньої до точки виміру смуги або шляху руху транспортних засобів, але не ближче 1 м

від стін будівель, суцільних заборів і інших споруджень або елементів рельєфу, що відбивають звук. Значення рівнів шуму слід зчитувати зі шкали шумоміра з точністю 1 дБА.

Для розрахунку еквівалентного рівня звуку діапазони підлягаючих виміру рівнів звуку розбивають на наступні інтервали: від 18 до 22, від 23 до 27, від 28 до 32, від 33 до 37, від 38 до 42, від 43 до 47, від 48 до 52, від 53 до 57, від 58 до 62, від 63 до 67, від 68 до 72, від 73 до 77, від 78 до 82, від 83 до 87, від 88 до 92, від 93 до 97, від 98 до 102 дБА. Після чого підраховують число відліків рівнів звуку в кожному інтервалі і сумарне число відліків. Визначають частні індекси за залежно від інтервалу і частки числа відліків у даному інтервалі рівнів звуку в сумарному числі відліків і значення їх заносять у відповідну відомість [9,10].

Виміряні рівні звуку, на пр. 50-річчя ВЛКСМ (поперечник 4-4), представлені у таблиці 1, розподіляємо по інтервалах, відліки рівнів звуку в кожному інтервалі заносимо у вигляді позначок.

Таблиця 1.

Вимірювані рівні звуку транспортного потоку

Рівень звуку, дБА																			
61	58	64	66	63	65	67	67	69	71	74	75	73	71	68	69	71	70	73	71
70	67	76	65	63	63	65	67	68	70	71	72	74	72	70	69	67	67	65	64
64	66	67	67	69	70	70	72	73	75	73	71	71	69	69	68	66	68	69	71
60	70	68	67	65	66	65	63	64	66	67	66	69	70	71	71	70	69	68	68
66	67	65	66	68	70	71	70	72	74	75	73	72	70	68	69	71	70	71	68
69	71	70	72	74	76	74	75	77	75	76	74	73	71	73	70	69	71	73	75
74	76	77	77	75	76	74	73	71	70	72	69	68	70	73	71	74	75	77	75
76	73	72	69	66	68	67	66	65	63	62	63	64	61	62	60	61	63	65	64
67	68	70	73	71	72	74	74	75	74	71	70	68	70	69	67	63	62	64	67
66	68	69	71	71	73	74	72	70	73	76	75	73	70	68	66	67	69	67	65
63	65	64	65	67	66	67	69	72	73	74	76	75	77	79	77	75	76	73	71
73	66	64	63	65	63	64	63	65	67	70	71	70	72	71	73	75	74	76	77
76	74	71	70	71	69	67	68	66	65	64	62	64	68	69	72	74	75	77	80
65	73	71	69	67	68	65	67	69	68	70	71	70	72	72	69	67	65	63	61
68	63	66	65	67	70	73	74	77	75	72	70	71	69	70	68	64	71	62	59

В результаті статистичної обробки виміряних рівнів звуку були отримані значення еквівалентного рівня шуму на розглянутих ділянках міських вулиць. Порівнюючи результати визначення рівня шуму із допустимими нормами, були зроблені наступні висновки. На поперечному профілі 1 – 1 на вулиці Салтівське шосе рівень шуму на відстані 7,5 м від вісі найближчої смуги руху від проїзної частини складає 79 дБА, що на 19 дБА перевищує ГДК для селітебной зони. На рівні зеленої смуги на відстані 11,5 м рівень шуму складає 73 дБА, а рівні забудови на відстані 35 м – 67 дБА, що перевищує ГДК на 7дБА.

На поперечному профілі 2 – 2 на вулиці Салтівське шосе рівень на відстані 7,5 м від вісі найближчої смуги руху від проїзної частини складає 85 дБА, що 25 дБА перевищує ГДК. На рівні зеленої смуги на відстані 11,5 м рівень шуму складає 81 дБА, а на рівні забудови на відстані 29 м рівень шуму дорівнює 71 дБА, що перевищує ГДК на 11 дБА.

На поперечному профілі 3 – 3 на вулиці Гвардійців – Широнінців рівень шуму на відстані 7,5 м від вісі найближчої смуги руху від проїзної частини складає 66 дБА, що на 6 дБА перевищує ГДК для селітебной зони . На рівні тротуару на відстані 11 м рівень шуму складає 64 дБА, а рівні забудови на відстані 27 м – 60,5 дБА, що не суттєво перевищує ГДК.

©Л.О.Коваленко

На поперечному профілі 4 – 4 на вулиці 50-річчя ВЛКСМ рівень шуму на відстані 7,5 м від вісі найближчої смуги руху від проїзної частини складає 72 дБА, що на 12 дБА перевищує ГДК для селітебной зони. На рівні тротуару на відстані 14 м рівень шуму складає 66 дБА, а рівні забудови на відстані 35 м – 57 дБА, що не перевищує ГДК.

Висновки. Виходячи з досліджень та розрахунків, приведених в роботі, для зниження рівня шуму в межах забудови можна рекомендувати встановити шумозахисний екран на поперечному профілі 1 – 1 та поперечному профілі 2 – 2 з розривами на перехрещеннях доріг і для пішохідних переходів. Екрани рекомендовано встановлювати на мінімальній відстані від кромки проїзної частини для доріг II категорії [11,12]. На всій останній протяжності дороги рекомендовано посадку зелених насаджень зі щільним заповненням підкронного простору для більшого зниження рівня шуму.

Проблему зниження шумового навантаження можна вирішити комплексом шумозахисних заходів: збільшенням відстані між автомобільною дорогою та житловою забудовою; організацією дорожнього руху; покращенням транспортно-експлуатаційних показників доріг та вулиць; встановленням шумозахисних екранів [11,12].

1. Екологія автомобільного транспорту: [навч. посібник] / [Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. та ін.] – К.: Основа, 2002. – 312 с.
2. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология / Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с.
3. Хижняк М.І. Здоров'я людини та екологія: [навч. посібник] / Хижняк М.І., Нагорна А.М. – К.: Вища школа, 2000. – 143с.
4. Поспелов П.И. Защита от шума при проектировании автомобильных дорог: [учебное пособие] / Поспелов П.И., Пуркин В.И. – М.: Высшая школа, 1985. – 119 с.
5. Захаров В.Ю. Оценка надежности имитационного моделирования распространения шума в городской застройке. / Захаров В.Ю. // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры – Днепропетровск: ПГАСА, 2012. – № 1-3. – С. 133-139.
6. Луканин В.Н. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта / Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. // Наука и техника. ВИНИТИ – М.: Автомобильный транспорт, 1996. – Вып.1. – С. 25-32.
7. Гаврилов Э.В. Системное проектирование автомобильных дорог: [учебное пособие] / Гаврилов Э.В., Гридчин А.М, Ряпухин В.Н. – Москва-Белгород: Издательство АСВ, 1998. – 138 с.
8. Поспелов П.И. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам / Поспелов П.И., Пуркин В.И., Щит Б.А. . – М.: ФГУП «Информавтодор», 2011. – 123 с.
9. ГОСТ 23337-78 (СТ СЭВ 2600-80) Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий.1979.
10. ГОСТ 31296.1-2005 (ИСО 1996-1:2003) Акустика. Измерения и оценка шума окружающей среды. 2005.
11. Волошина І.В. Шумозахист на автомобільних дорогах. Проблеми та напрямки їх вирішення / Волошина І.В., Докукіна В.І. // Сучасні технології будівництва й експлуатації автомобільних доріг. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 76-82.
12. Погорелая Е.А. Применение шумозащитных экранов в городской среде / Погорелая Е.А. // Наука – будуще Литвы. Инженерия транспорта и организация перевозок. – Вильнюс: ВГТУ, 2013. – С. 30-34.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©Л.О.Коваленко

УДК 656.073.1/5

М.І.Коваль
Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У МІСТІ ЛУЦЬКУ

У роботі досліджено вплив вантажного транспорту на функціонування транспортних потоків у місті, розглянуто проблеми завантаження вулично-дорожньої мережі міста вантажними потоками, визначено основні пріоритети розвитку транспортної системи міста, запропоновано комплексне вирішення заходів вдосконалення вантажних перевезень.

Ключові слова: *транспортна система, вантажний транспорт, вантажоперевезення, транспортна логістика, вантажообіг, вулично-дорожня мережа.*

Рис 2. Форм6. Літ 17.

М.И.Коваль

ВЛИЯНИЕ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ГОРОДЕ ЛУЦКЕ

В работе исследовано влияние грузового транспорта на функционирование транспортных потоков в городе, рассмотрены проблемы загрузки улично-дорожной сети города грузовыми потоками, определены основные приоритеты развития транспортной системы города, предложено комплексное решение мероприятий усовершенствования грузовых перевозок.

Ключевые слова*:* *транспортная система, грузовой транспорт, грузоперевозки, транспортная логистика, грузооборот, улично-дорожная сеть.*

M.Koval

EFFECT OF CARGO TRANSPORT THE PERFORMANCES OF THE TRAFFIC FLOW IN LUTSK

Here we study the impact of freight transport on the operation of traffic flows in the problems of uploading the road network of the city of freight flows , the main priorities of the transport system of the city, proposed a comprehensive solution measures to improve transportation.

Keywords*:* *transportation system, freight transportation, freight , transport logistics, turnover, street and road network.*

Постановка проблеми. Транспорт забезпечує виробничо-економічні зв’язки різних галузей народного господарства. Він відіграє важливу роль в економічному і культурному розвитку людей, в економічних зв’язках з закордонними країнами.

Транспорту належить важлива роль в процесі загального виробництва, так як він займається перевезенням матеріалів, напівготової і готової продукції. Транспорт забезпечує також зв’язок між сільським господарством і промисловістю та окремими підприємствами.

Із кожним роком в Україні спостерігається значне зростання автомобільного транспорту, що призводить в свою чергу до перевантаження вулично-дорожньої мережі міст.

Розвиток систем магістральних вулиць і доріг здійснюється під впливом вантажних і пасажирських перевезень, що виконуються автомобільним транспортом межах взаємозв’язаних систем розселення. Основним видом міських вантажних перевезень у місті Луцьку є автомобільні.

Вони забезпечує зручну доставку вантажів безпосередньо від відправника до споживача. Вантаж, що доставляється автомобільним транспортом на відстань до 200 км, надходить до споживача в п'ять разів швидше, ніж по залізниці.

Як можна спостерігати на графіках кількість перевезених та відправлених вантажів (рис. 1) та вантажооборот вантажного автомобільного транспорту (рис. 2) у Волинській області щорічно зростає, за винятком років, коли в Україні панувала економічна криза [1].

Зростання кількості вантажних перевезень можна спостерігати відповідно у найбільших містах Волинської області, де сконцентровані основні об’єкти промисловості. Така тенденція безпосередньо спостерігається і в обласному центрі місті Луцьку.

Ріст внутрішньо міських і зовнішніх вантажних перевезень супроводжується збільшенням парку вантажних автомобілів та завантаження вулично-дорожньої мережі міста. Це призводить до виникнення у місті серйозних проблем: збільшення інтенсивності вантажного

©М.І.Коваль

руху та зниженню пропускної спроможності, посилення впливу транспорту на міське середовище і умов життя жителів міста, росту ДТП., недостатня оптимальність режимів, схем та маршрутів вантажоперевезень, неповне використання вантажопідйомності рухомого складу.

Тож, проблема диференціації транспортних потоків стає більш актуальною, у зв'язку з постійним збільшенням об'ємів транспортного руху і перевантаженням ВДМ. Це в свою чергу, обумовлює низьку ефективність роботи вантажного транспорту, високий рівень шуму та загазованості міського середовища. Комплексне рішення перерахованих проблем можливе тільки на основі застосування системного підходу до організації дорожнього руху.

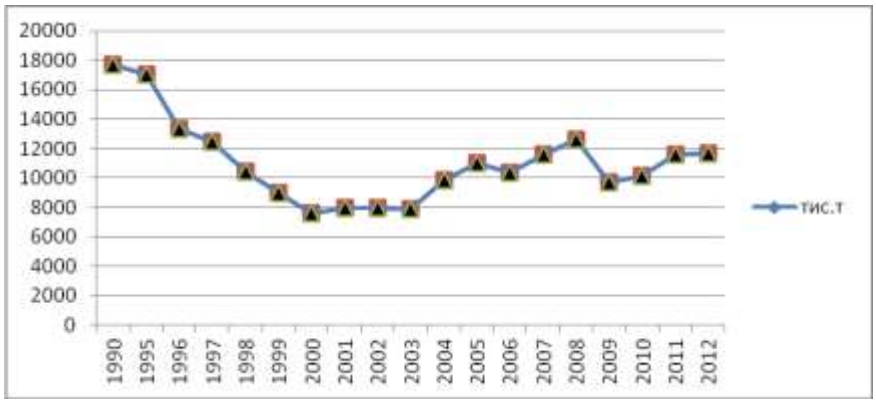


Рис. 1. **Кількість перевезених та відправлених вантажів у Волинській області**

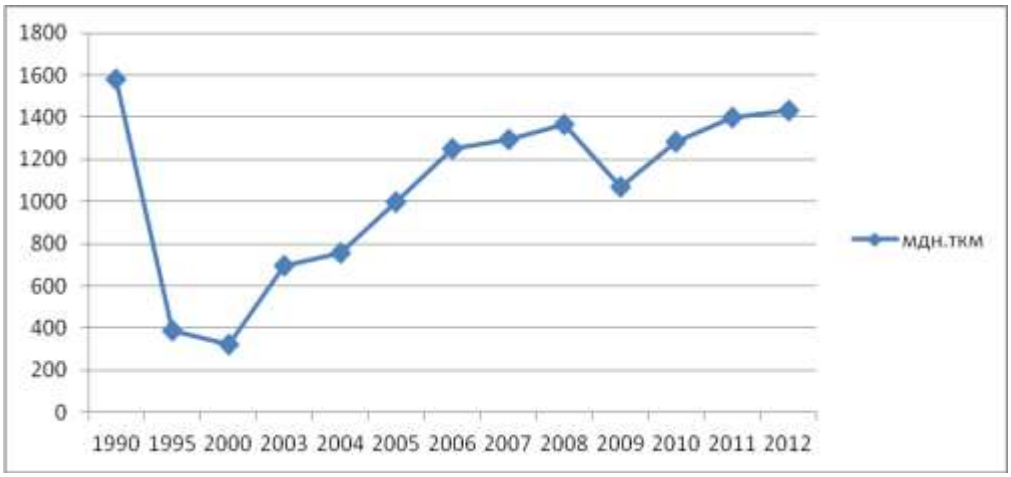


Рис. 2. **Вантажооборот вантажного автомобільного транспорту у Волинській області**

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Дослідженням вантажних перевезень у містах в свій час займалися такі видатні вчені як Глухарёва Т.А., Горбанёв Р.В. [2], Правдин Н.В., Дыканюк М.Л., Негрей В.Я. [3], Хорева Т.З. [4]., Сигаев А.В. [5] та інші.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. В останні десятиліття минулого століття всі транспортні розрахунки, виконані при розробках генеральних планів міст і комплексних схем розвитку систем пасажирського транспорту, незмінно приводили до показників щільності магістральної вулично-дорожньої мережі на рівні 2,2-2,4 км/км^2 незалежно від величини і планувальної структури міст. Тому сприяли утвердилися в цей період принципи формування житлових районів і мікрорайонів, а також встановлені рівні автомобілізації в розмірі 150-180 легкових автомобілів на 1 тис. жителів для розрахунку пропускної здатності вулиць і доріг. При такій мережі магістралей принаймні дві з чотирьох вулиць слід було проектувати за параметрами магістралей загальноміського значення, тобто з шириною проїзної частини не менше трьох смуг руху в кожному напрямку.

У більшості випадків великі мікрорайони у середніх містах обслуговуються лише однією магістральною вулицею загальноміського значення і двома-трьома вулицями районного і навіть

місцевого значення, звідси неминучі затори в русі транспорту. Отримані орієнтовні результати розвитку магістральної мережі повинні бути скориговані з урахуванням складу транспортного потоку, нерівномірності руху потоків, насамперед за напрямками, що потребує збільшення щільності магістральних вулиць в центральній зоні до 4-5 км/км^2, в серединній до 2,5-3 км/км^2 і в периферійній зоні до 2-2,5 км/км^2.

На розвиток магістральної мережі вулиць і доріг значний вплив робить вантажний рух , який слід враховувати за допомогою коефіцієнтів приведення і відповідних величин пробігів, а також шляхом виділення додаткових смуг руху на проїзних частинах магістралей. Найбільш обгрунтовані дії можуть бути прийняті тільки на підставі даних натуральних обстежень фактичного використання вантажного транспорту [6].

Метою даної роботи є дослідження впливу вантажного транспорту на функціонування транспортних потоків у місті Луцьку та на завантаження вулично-дорожньої мережі міста.

Основні результати дослідження показали, що з погляду на переміщення транспортних потоків на транспортні мережі першочерговим є розгляд структури потоків, а також виділення частки вантажного транспорту у загальному потоці автомобілів.

Вантажообіг автомобільного транспорту підрозділяється на внутрішньо міський і заміський. Внутрішньо міський характеризується перевезеннями, що здійснюються між усіма вантажоутворюючими та вантажопоглинаючими об'єктами, розташованими на території міста, заміський – між міськими і заміськими пунктами .

Р.Е. Любарський поділяє міський вантажообіг за призначенням вантажообіг, пов'язаний з сельбищної зоною міста, і вантажообіг, не пов'язаний з сельбищної зоною. Виділення на плані міста вантажних потоків не пов'язаних з сельбищної зоною, є надзвичайно важливим для формування магістральної мережі, так як свідомо визначає пристрій потураючи напрямками магістралей у вигляді міських автомобільних доріг [7].

Сучасний Луцьк знаходиться на перетині транспортного коридору Е85: Клапейда – Каунас – Вільнюс – Ліда – Брест – Ковель – Луцьк – Тернопіль – Чернівці – Сирет, а також п’ятьох територіальних доріг.

Магістральні вулиці міста прокладено за класичною радіальною схемою, яка притаманна більшості європейських міст і в сучасних умовах має вагомий недолік – скупчення транзитного транспорту у центральній частині. В процесі розвитку вуличної мережі збудовані хордові магістралі, які не проходять через центр і дають змогу спрямувати транспортні потоки на вулиці з більшою пропускною здатністю. Тому схема маршрутного орієнтування у місті будується за принципом проходження транзитного транспорту через ці вулиці, оминаючи центр, в напрямку інших населених пунктів туристичних маршрутів.

Для цього використовуються інформаційно-вказівні дорожні знаки індивідуального проектування. На спеціальній схемі зазначено пронумеровані перехрестя, на яких здійснюється орієнтування водіїв у відповідному напрямку. Кожне перехрестя розроблено окремо, з принциповими схемами дорожніх знаків. Окрім трасування маршрутів, на знаках міститься інформація про розташування готелів, об’єктів громадського харчування, технічного обслуговування транспорту тощо [8].

Об'єм перевезень вантажів, не пов'язаних з сельбищної територією, може складати основну частку 60-80%. Для освоєння цих перевезень необхідні міські автомобільні дороги, що забезпечують рух транспорту з підприємствами будівельної галузі, перевезення палива та ін. Магістралі, обслуговуючі складські комплекси, вантажні станції, термінали та митні пости, можуть бути віднесені до категорії спеціальних автомобільних доріг з переважним рухом вантажного автомобільного транспорту. Концентрація вантажного руху на таких дорогах може перевищувати 40-50 % загального транспортного потоку. З метою зниження негативного впливу на навколишнє міське середовище по таких дорогах раціональна організація безперервного руху транспорту (кільцеві перетину) з постійною швидкістю, а також необхідно забезпечити пологі підйоми (до 0,005 ‰), плавні повороти траси (не менше 250 м), створити проїжджі частини з смугами руху шириною до 4,0 м і узбіччями не менш 3,0 м.

Реалізація таких заходів у поєднанні з однорідним складом потоку дозволяє забезпечити найбільш сприятливі та безпечні умови руху вантажного транспорту, що сприятиме відволіканню вантажного руху магістральних вулиць і тим самим поліпшить умови руху міського пасажирського транспорту, оздоровить міське середовище.

©М.І.Коваль

Районні магістралі найменше придатні для руху вантажних автомобілів. Вони не мають достатньої ширини проїжджої частини, рух транспорту по них пов'язаний з частими зупинками на перехрестях і пішохідних переходах, що при високій частці вантажного руху призводить до зниження пропускної здатності та ефективності роботи не тільки вантажних автомобілів, а й інших видів міського транспорту, а головне - до різкого погіршення навколишнього середовища.

Оптимальна модель магістральної вулично-дорожньої мережі може бути створена при дотриманні наступного складу транспортного потоку на міських магістралях.

Слабкий розвиток мережі автомобільних доріг у місті і, як наслідок, спостерігається на магістральних вулицях змішаний рух з великим відсотком вантажного руху є однією з найважливіших причин високої аварійності.

У разі незначних обсягів вантажного руху для їх пропуску можливо використовуються магістральні вулиці загальноміського та частково районного значення , виділивши крайні смуги проїзної частини шириною 3,75-4,00 м. Інтенсивність вантажного руху на таких смугах може становити 150-200авт/год при регульованому русі і 400-600 авт/год при безперервному русі, і повинна мітити частку вантажних автомобілів у транспортному потоці на рівні 10-15 % і істотного впливу на загальну пропускну здатність не надає. Однак як показали результати попередніх досліджень інтенсивностей руху на водах магістралей міста відсоток вантажного транспорту у загальному потоці досягає 25-35 %, що негативно впливає на безперебійний рух транспорту.

Більш високу рівні інтенсивності вантажного руху: понад 30 % загальнотранспортного потоку викликають необхідність локалізації їх на міських автомобільних дорогах швидкісного, безперервного і регульованого руху. Однак у нашому місті така схема відсутня.

Розміщення вантажоформуючих об'єктів повинно здійснюватися переважно серединної та периферійної зонах, а також на зовнішніх автомобільних підходах до городу в ув'язці з районами та об'єктами розподілу вантажів, на міських автомобільних дорогах.

Прогресивним напрямком удосконаленням вантажних перевезень є створення системи крупних транспортно-складських комплексів і розподільних вантажних станцій (терміналів) для впорядкування і локалізації міжміських перевезень необмеженої кількості магістралей в межах кожного сектора (зони) міста.

При формуванні та розвитку магістральної вулично-дорожньої мережі важливим є також облік транзитного руху. Зважаючи на недостатній розвиток магістральних вулиць і доріг, незавершеності систем транзитні міські і позаміські кореспонденції практично проходять через всі зони міста. В центральних зоні вони становлять від 3 до 5% , в серединній 6-9%, в периферійних районах більше 12 % і тільки адміністративні обмеження дозволяють стримувати ще більше розміри транзитних потоків . Це підтверджує необхідність створенням магістральної вулично-дорожньої мережі, що буде послідовно розвантажувати планувальні і функціональні зони від транзитного внутрішньо міського і зовнішнього автомобільного руху.

Транзитні потоки по відношенню до окремих районам складають переважаючу частку в загальному пробігу легкових (до 70 %) і значну долю пробігу вантажних автомобілів (до 50 %). Що дозволяє зробити висновок при необхідності розчленування території міст магістральними вулицями і дорога вищих категорій на великі планувальні зони , сектори , планувальні райони з метою ізоляції транзитного руху , підвищення швидкості руху основних внутрішньоміських потоків і створення сприятливого навколишнього середовища в жилих районах .

У розрахунках потоків вантажних автомобілів, їх розподілі по вулично-дорожній мережі міста-центру та території приміської зони крім внутрішньоміських перевезень слід також враховувати автотранспорт, зо здійснює доставку вантажів за межі даного міста і навпаки з приміської зони вгородила.

Спеціалізовані вантажні дороги доцільно прокладати в єдиних коридорах із залізницями , лініями електропередачі, трубопроводами. Санітарно-захисні смуги між автомобільними дорогами і територіями житлової забудови повинні мати ширину не менше 100 м для розміщення гаражів, об'єктом комунального призначення, а при необхідності і шумозахисних пристроїв: смуг озеленення, земляних валів, бетонних стінок і екранів. Розміри вантажопотоків, пов'язані з сельбищними територіями, відображають обсяги житлового, культурного, побутового і транспортного будівництва, а також обсяги перевезень продуктів харчування і

товарів широкого вжитку. Основна частка таких перевезень приходиться на вантажі житлово-цивільного будівництва , складових від 10 до 30 % загального вантажообігу міського транспорту. На споживчі вантажі приходиться від 5 до 10%. Ці види вантажопотоків практично дисперсно зосереджуються по сельбищній території та в завдання розвитку магістральної вулично-дорожньої мережі входить лише організація їх пропуску по міським дорогах, прокладених по межах житлових і планувальних районів.

Висновки. Таким чином, основними пріоритетами розвитку транспортної системи міста є:

- підвищення рівня безпеки дорожнього руху території;
- забезпечення доступності та якості транспортних послуг для населення області;
- підтримка соціальних стандартів транспортного обслуговування населення;
- інтеграція до європейської та світової транспортних систем;
- ефективна реалізація транзитного потенціалу Волині;
- технічна та технологічна модернізація транспорту;

Забезпечення якості та ефективності вантажних перевезень може бути досягнуто за рахунок системної реалізації заходів передбачених відповідним механізмом.

Комплексне вирішення заходів вдосконалення вантажних перевезень, передбачених організаційно-економічним механізмом, забезпечує високу якість і ефективність транспортного обслуговування населення і позитивно впливає на діяльність інших сфер економіки, які користуються послугами цього транспорту.

Важливим аспектом вдосконалення якості і ефективності вантажних перевезень є широке впровадження засобів логістичного управління перевезеннями вантажів.

Оптимальна взаємодія різних видів транспорту забезпечує високу ефективність вантажних перевезень. В реальних умовах можуть бути реалізовані і інші альтернативні варіанти взаємодії різних видів транспорту в залежності від обставин, які склалися.

Побудова транспортної мережі повинна обґрунтовуватись відповідними критеріями якості і ефективності перевезень.

Аналіз моделей транспортної технології перевезення вантажів свідчить про те, що для забезпечення ефективності роботи рухомого складу необхідно вирішувати такі основні задачі;

- розробка математичної моделі логічного управління перевезеннями вантажів;
- розробка критеріїв системної ефективності функціонування логістичної системи управління процесами перевезення вантажів;
- розробка стратегій логічного управління перевезеннями вантажів;
- моніторинг та моделювання процесів перевезення вантажів з метою ідентифікації основних характеристик їх функціонування, розвитку і адаптації;
- оптимізація маршрутів перевезень вантажів в умовах взаємодії різних видів транспорту.

1. Сайт статистики у Волинській області: http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua.
2. Глухарёва Т.А., Горбанёв Р.В. Организация движения грузовых автомобилей в городах. – М.: Транспорт. 1989 – 125 с.
3. Правдин Н.В., Дыканюк М.Л., Негрей В.Я. Прогнозирования грузовых потоков. – М.: Транспорт. 1987 – 240 с.
4. Хорева Т.З. Исследования влияния внешнего автомобильного транспорта на планировку магистральной сети крупнейшего города/Автореферат на соискания к.т.н. Москва, 1985 г. – 23 с.
5. Сигаев А.В. Грузовые магистрали города. М.: Высшая школа. – 1975. – 253 с.
6. Рекомендации по модернизации транспортной системы городов МДС 30-2.2008/
7. Любарский Р.Э. Проектирования городских транспортных сетей. К.: Будівельник, 1984 – 216 с.
8. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика. К.: Центр учбової літератури, 2008 – 219 с.
9. Вовша П.С., Левитин Э.С., Панов С.Я. Проблема концентрации грузового автомобільного транспорта. – М.: Транспорт. 1987 – 161 с.
10. Страментов А.Е., Сосянц В.Г., Фишельсон М.С. Городской транспорт. – М.: Транспорт. 1969 – 423 с.
11. Энгези И.П., Рейцен Е.О. Проблемы организации движения грузового автотранспорта в городах Украины /Наук.-техн. збірник «Містобудування та територіальне планування» №35, 2009, К.: КНУБА С.135-145.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014.

©М.І.Коваль

УДК 624.21

П.М.Коваль, О.Я.Гримак
Національна Академія Образотворчого Мистецтва та Архітектури

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В БУДІВНИЦТВІ

У статті представлено результати експериментальних досліджень бетонних балок, армованих базальтопластиковою арматурою, при роботі на згин. Визначено несучу здатність та вид руйнування базальтобетонних балок. Встановлено, що за показниками міцності і деформативності базальтобетонні балки можуть використовуватись у будівництві.

Ключові слова: *базальтопластикова арматура, базальтобетонні балки, несуча здатність, прогини, тріщиностійкість.*

Рис 4. Літ 5.

П.Н.Коваль, О.Я.Грымак

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗАЛЬТОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований бетонных балок, армированных базальтопластиковой арматурой, при работе на изгиб. Определено несущую способность и вид разрушения базальтобетонных балок. Установлено, что по показателям прочности и деформативности базальтобетонных балок могут использоваться в строительстве.

Ключевые слова: *базальтопластиковой арматура, базальтобетонни балки, несущая способность, прогибы, трещиностойкость.*

P.M.Koval, O.Y.Grymak

PERSPECTIVES OF USING BAZAL′TOBETONNIH STRUCTURES IN CONSTRUCTION

A promising future of development of building structures in the world based on the use of non-metal fittings for the reinforcement of concrete structures. In Ukraine there are considerable deposits of basalt, several industrial unit produce basalt-plastic valves and there are the domestic regulations for the design of basalt-concrete structures. In order to be able to use such technologies in practice of building structures with concrete, reinforced with basalt-plastic valve, the experimental studies of the structures must be performed. With this purpose were tested six series of concrete beams with cross section 100x200 mm and a length of 2 100 mm of concrete class B40. Longitudinal working bazal'toplastikova steel beams were the following diameters: 4; 6; 8; 10; 12 and 13 mm. Beams tested scheme was used called "four points" fold. Selected types of fracture bazaltobetonnih beams at different weights reinforcement and their carrying capacity were tested. In its bearing capacity of concrete beams reinforced with bazal'toplastikovoû valve close to the beams, reinforced with steel reinforcement. Your backbends research beams with bazal'toplastikovoû valve meet the requirements of items with steel reinforcement. The essential features of the fracture toughness have bazaltobetonnih designs the width of the opening in them is greater than that of concrete. Therefore it is necessary to carry out research on improving crack resistance from bazal'tobetonnih designs.

Keywords: *bazal'toplastikova valves, bazal'tobetonnì beams, bearing capacity, your backbends, fracture toughness.*

Постановка проблеми. В Україні суттєво зросли вимоги до забезпечення надійної і безпечної експлуатації будівель. Особливої уваги заслуговують транспортні споруди, які зазнають динамічних впливів, малоциклових навантажень високого рівня, агресивної дії навколишнього середовища. Тому в будівництві йде активний пошук і розробка нових матеріалів і конструкцій з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Перспективним напрямком розвитку будівельних конструкцій в світі вважається використання для армування бетонних конструкцій неметалевої арматури [1]. Перевагами неметалевої арматури у порівнянні із традиційною сталевою є її висока корозійна стійкість, мала питома вага, низька теплопровідність, діелектричність і немагнітність. Досвід використання неметалевої арматури на ряді об'єктів будівництва за кордоном є позитивним.

В нашій державі є значні поклади базальту, кілька заводів випускають базальтопластикову арматуру. Розплавляючи базальт, формують ровінг – тонкі волокна діаметром 14 – 16 мк. Стержень арматури виготовляють з використанням термореактивної смоли, тверднення якої приводить до утворення полімеру. Періодичний профіль поперечного перерізу формують вдавлюванням обмоточного джгута у зовнішній формовочний шар або спіральним обмотуванням уступами несучого стержня обмоточним джгутом.

©П.М.Коваль, О.Я.Гримак

Для впровадження в практику будівництва базальтобетонних конструкцій, тобто конструкцій із бетону, армованих базальтопластиковою арматурою, необхідно провести експериментальні дослідження таких конструкцій, дослідивши їх напружено – деформований стан на різних стадіях роботи. Саме цьому присвячена дана робота.

Аналіз останніх досліджень. В світовій практиці будівництва при використанні неметалевої арматури для армування згинаних елементів їх розрахунок переважно виконують з використанням нормативного документа ACI 440 3R – 04 [2]. Згідно положень даного документа розрахунок згинаних конструкцій базується на тому, що такий елемент руйнується від роздроблення бетону в стиснутій зоні або роздроблення бетону разом з розривом арматури.

В Україні для проектування бетонних конструкцій, армованих неметалевою арматурою, використовується ДСТУ – Н Б.В.2.6 – 185 : 2012 [3]. Цей нормативний документ був розроблений під керівництвом професора Ю.А. Клімова на основі експериментальних досліджень неметалевої арматури та згинаних бетонних елементів, армованих такою арматурою.

При експериментальних дослідженнях згинаних елементів, армованих базальтопластиковою арматурою, досліджувалось 3 серії зразків – близнюків[4,5]. Досліджені балки поперечного перерізу 120х220 мм і довжиною 1300 мм виготовлялися із бетону класу В30. Серії відрізнялися коефіцієнтом армування : в першій серії 0, 0059 (2∅10АНБ), в другій серії – 0,0086 (2∅12АНБ), в третій - сумарний коефіцієнт розтягнутої і стиснутої зони склав 0, 0146 (2∅12+2∅12АНБ).

В цих дослідженнях був досить обмежений діапазон коефіцієнта армування балок та отримано тільки один вид руйнування згинаних елементів – від роздроблення бетону стиснутої зони.

Мета дослідження – встановлення закономірностей зміни напружено – деформованого стану згинаних бетонних елементів, армованих базальтопластиковою арматурою, вивчення роботи при різних видах руйнування базальтобетонних елементів з різними коефіцієнтами армування, отримання даних про міцність, жорсткість і тріщиностійкість базальтобетонних згинаних елементів.

Основні результати дослідження. Дослідними зразками були балки поперечного перерізу 100х200 мм і довжиною 2100 мм (рис.1), які виготовлялися із бетону класу В40.

Каркаси балок складаються з одного стержня робочої арматури діаметру 4; 6; 8; 10; 12 та
13мм базальтопластикової арматури АНПБ довжиною 2100мм (рис.1). В крайніх третях прольоту було забезпечено поперечне армування арматурою ∅ 6 мм класу А-1 довжиною 180мм. Крок поперечних стержнів становив 100мм, загальна кількість стержнів поперечної арматури - 16 шт. Верхнє армування виконане стержнями ∅ 6мм класу А-1 довжиною 730мм в крайніх третіх прольоту. Коефіцієнт армування поперечного перерізу конструкції становить 0,00073; 0,00158; 0,00286; 0,00446; 0,00649; 0,0077.

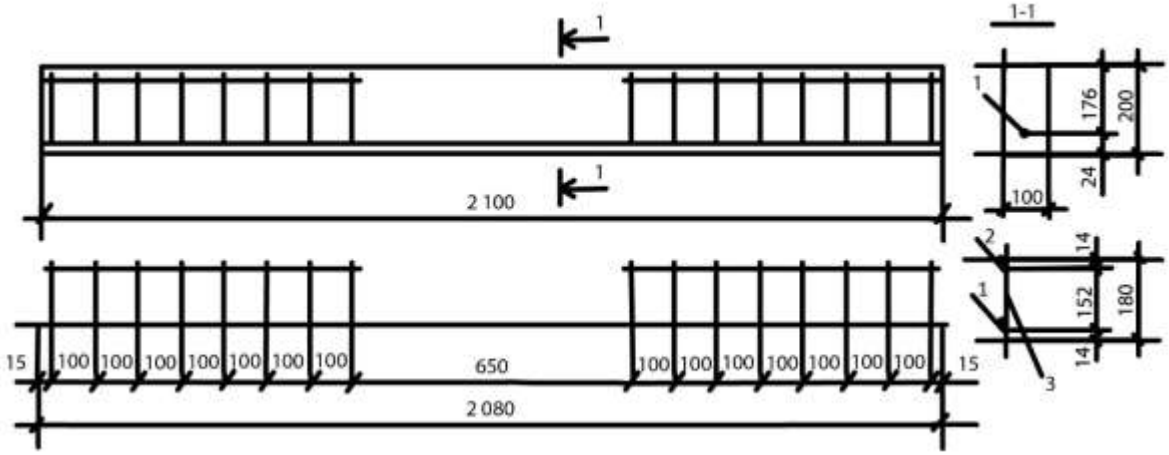


Рис. 1. **Конструкція базальтобетонних балок: 1 - 1∅(4; 6; 8; 10; 12; 13) АНПБ; 2 - 2∅6А-1; 3 - 16∅6А-1**

©П.М.Коваль, О.Я.Гримак

Для визначення характеристик міцності зразки базальтопластикової арматури діаметром 4; 6; 8; 10 і 12 мм по 6 штук кожного діаметру були випробуванні на сертифікованій універсальній розривній машині Е4S – 20. Усереднені результати випробувань статичним розтягом зразків базальтопластикової арматури приведені у таблиці 1.

Таблиця 1

№ зразка	Середнє арифмет. значення внутрішн. діаметру арматури d, мм	Початкова розрах. довжина зразка l_0, мм	Видовження зразка після руйнування Δl, мм	Зусилля руйнування P_{max}, кг	$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	$E_н$, МПа	Відносне видовження **δ,** %
1	4,06	139	3,05	1428	876	1100	47905	2,18
2	6,18	140	3,05	3320	860	1105	48932	2,13
3	8,26	141	3,00	6025	842	1124	44755	2,12
4	10,40	140	2,95	9073	824	1068	46125	2,10
5	12,48	140	2,60	12216	806	998	45378	1,88

Всього було випробувано 6 серій дослідних балок (табл. 2)

Таблиця 2

Серія	Кількість балок, шт.	Поздовжнє армування	Коефіцієнт армування	Вид руйнування	Момент руйнування $\mathbf{M_{cr}}_{(сер)}$, *кН м*
Б 4	2	1∅4 АНПБ	0,00073	розрив арматури	5,79
Б 6	2	1∅6 АНПБ	0,00158	розрив арматури і роздроблення стиснутої зони бетону	6,79
Б 8	2	1∅8 АНПБ	0,00286	такий самий	19,21
Б 10	2	1∅10 АНПБ	0,00446	такий самий	23,15
Б 12	2	1∅12 АНПБ	0,00649	роздроблення стиснутої зони бетону	27,18
Б 13	2	1∅13 АНПБ	0,0077	такий самий	28,09

Базальтобетонні балки марки Б випробовувались у віці 140-200 діб за схемою чистого згину (рис.2). Випробування здійснювали на силовому стенді двома зосередженими силами, прикладеними в третях прольоту. Навантаження здійснювали 12-ти тонним гідравлічним домкратом.

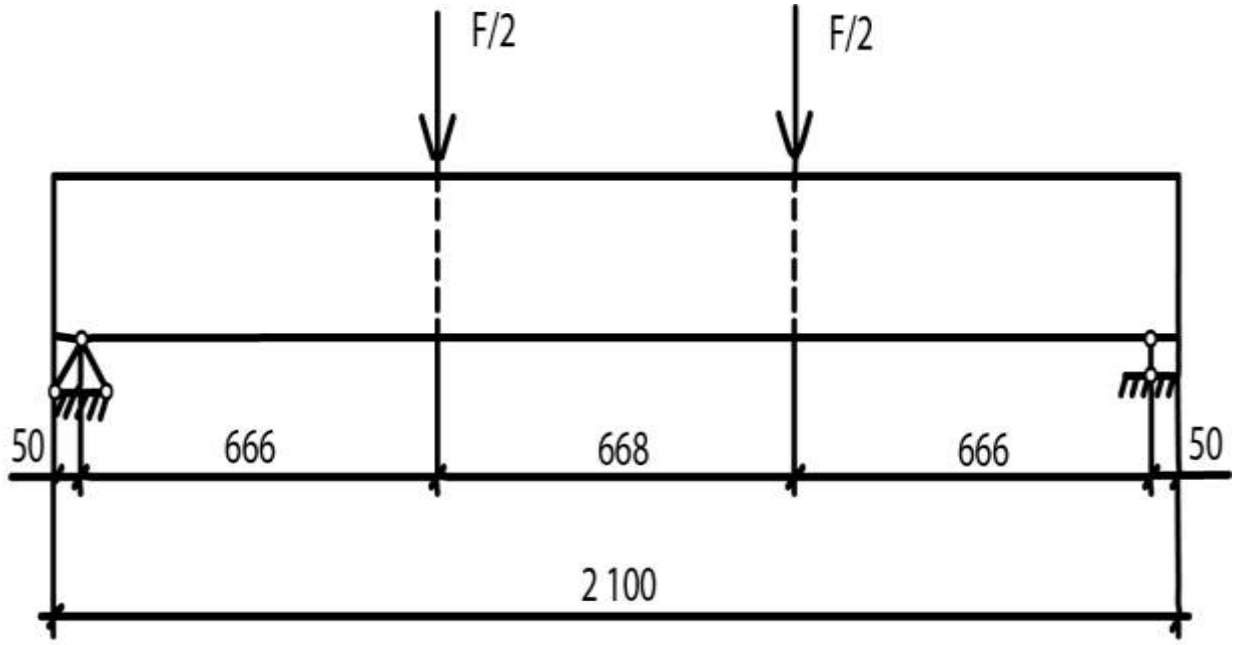


Рис. 2. **Схема випробування базальтобетонних балок марки Б**

Завантажували зразки ступенями по 0,05 – 0,1 від очікуваного руйнуючого навантаження. Витримка навантаження на кожній ступені була мінімум 15хв, після чого знімали відліки з приладів. Загальний час тривалості ступені складав 50 хвилин. Рівень навантаження контролювали тарованим скоб'яним динамометром, встановленим під розподільчою траверсою. Відліки за індикатором динамометра знімали відразу після досягнення необхідного рівня навантаження та контролювали на протязі всієї ступені.

При випробуванні проводили визначення прогинів балки під навантаженням, прогиномірами з ціною поділки 0,01мм. Прогин фіксували два рази: до і після зняття відліків на ступені.

Фіброві деформації бетону по висоті балки в середині прольоту заміряли, використовуючи індикатори з ціною поділки 0,001мм на базі 200мм та тензорезистори з базою 50 мм у комплекті з вимірювальним приладом Автоматичний вимірювач деформацій (АВД 4М). Тензорезистори приклеювали циакріновим клеєм. Наклейку проводили за 1-2 доби перед експериментом. Деформації арматури балки вимірювали в зоні чистого згину посередині прольоту тензорезисторами базою 20мм, розміщеними ланцюжком по середині прольоту, з використанням вимірювального пристрою АВД 4М. Деформації фіксували після 15-ти хвилинної витримки після навантаження балки.

Прогини балок в середині прольоту вимірювали прогономірами Аістова ПА06. Зсуви вільних кінців базальтопластикової поздовжньої арматури на торцях балок заміряли індикаторами з ціною поділки 0,001мм.

Ширину розкриття тріщин визначали за допомогою мікроскопа МПБ-2 із ціною поділки 0,05мм. Вимірювання проводили на кожній ступені навантаження з моменту появи тріщин, до навантаження рівного 0,7-0,8 від руйнівного. Проводили фіксацію ширини розкриття "старих" тріщин, їх розвитку та положення, а також появи "нових" тріщин на кожній ступені навантаження.

Встановлений вид руйнування для кожної серії балок і згинальні моменти $\mathbf{M_{cr}}$ (сер) , при яких зруйнувалися балки представлено в таблиці 2. Графіки зміни прогинів f в залежності від навантаження для всіх балок представлено на рис. 3 і 4. Момент утворення тріщин в балках визначався візуально та за графіками зміни прогинів.

Як видно з рис.3, при випробуванні базальтобетонних балок серії Б-4/1 і Б-4/2(рис.3 а, б), не відбулася зміна кута нахилу кривої прогину, це пояснюється тим, що у них був малий

коефіцієнт армування. Максимальний прогин зафіксовано 1,39 мм і 1,27 мм. Після утворення одної тріщини в середній зоні відбувся розрив арматури і руйнування зразка в цілому.

При випробуванні базальтобетонних балок серії Б-6 (рис.3 в, г), зміна кута нахилу кривої прогину, яка свідчить про утворення тріщин в розтягнутій зоні (точка А на графіку), відбулася при значенні навантаження на конструкцію 8кН та 10кН відповідно для балок Б-6/1 і Б6/2. Максимальний прогин зафіксовано 12,8мм і 16,5мм. Після утворення майже одночасно п'яти тріщин відбувся розрив арматури в розтягнутій зоні і роздроблення бетону в стиснутій зоні.

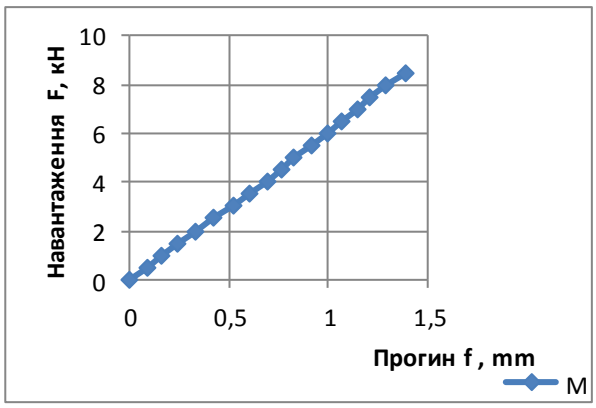
При випробуванні базальтобетонних балок серії Б-8 зміна кута нахилу кривої прогину, що свідчить про утворення тріщин в розтягнутій зоні бетону відбулося в момент навантаження балки Б-8/1 9кН та 9кН на Б-8/2 (т.А на рис.3 д, е). Балки зруйнувалися від розриву арматури і роздроблення бетону в стиснутій зоні. Максимальний прогин зафіксовано 35,8мм і 37,8мм.

При випробуванні базальтобетонних балок марки Б-10, зміна кута нахилу кривої прогину відбувається при навантаження на балку 7кН та 9кН відповідно для балок Б-10/1 та Б-10/2.(т.А на рис. 4 а, б). Балки зруйнувалися від розриву арматури і роздроблення бетону в стиснутій зоні. Максимальний прогин зафіксовано 47,8мм і 42мм.

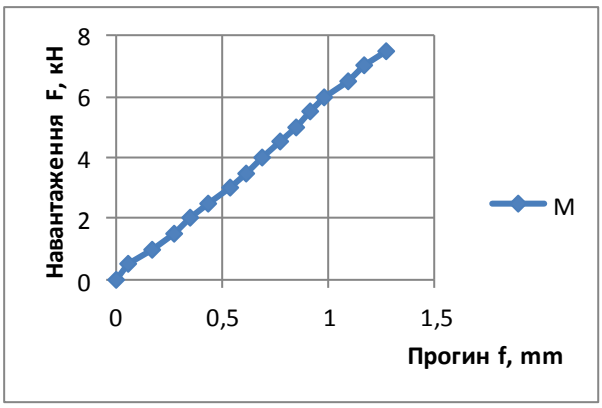
При випробуванні базальтобетонних балок марки Б-12, зміна кута нахилу кривої прогину відбувається при значенні навантаження на балку 7кН та 8кН відповідно для балок Б-12/1 та Б-12/2 (т.А на рис.4 в, г). Максимальний прогин зафіксовано 33,4мм і 33,9мм. Балки зруйнувалися від роздроблення бетону в стиснутій зоні.

При випробуванні базальтобетонних балок марки Б-13, зміна кута нахилу кривої прогину відбувається при навантаженні на балку 8кН та 8кН відповідно для балок Б-13/1 та Б-13/2.(т.А на рис.4 д, е). Балки зруйнувалися від роздроблення в стиснутій зоні. Максимальний прогин зафіксовано 37,5мм і 41,1мм.

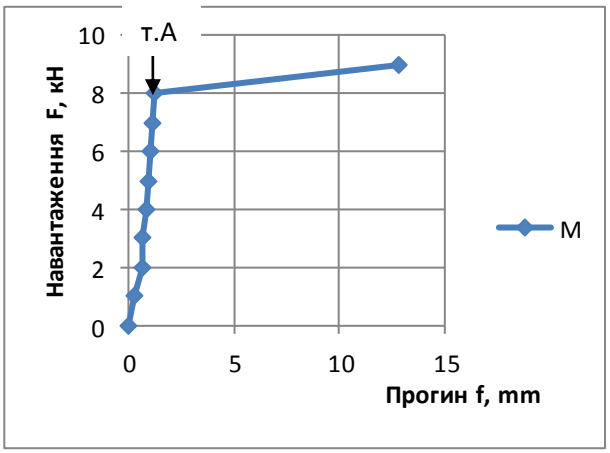
При випробуванні базальтобетонних балок в залежності від коефіцієнта армування отримані різні види руйнування: при 0,00073 – розрив арматури, при 0. 00158; 0, 00286; 0,00446 – розрив арматури і роздроблення стиснутої зони бетону, при 0, 00649 і 0,0077 – роздроблення стиснутої зони бетону. Величини середніх моментів руйнування для всіх серій балок приведенні в табл. 2.



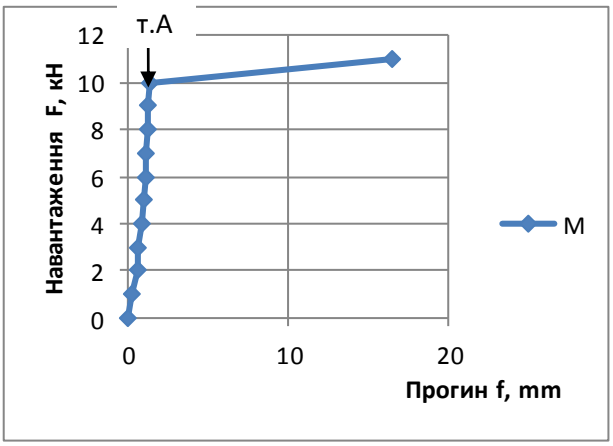
а



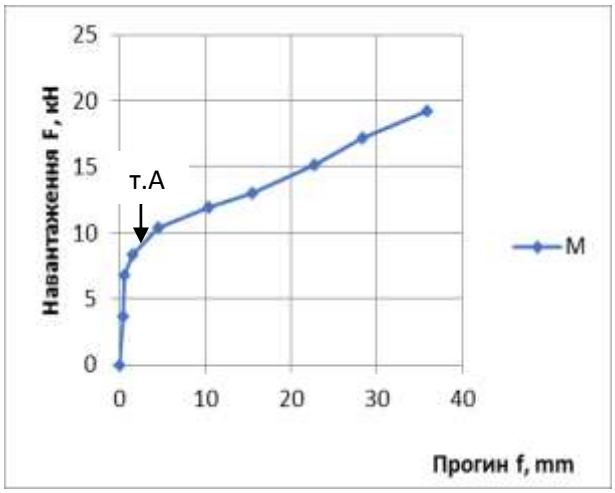
б



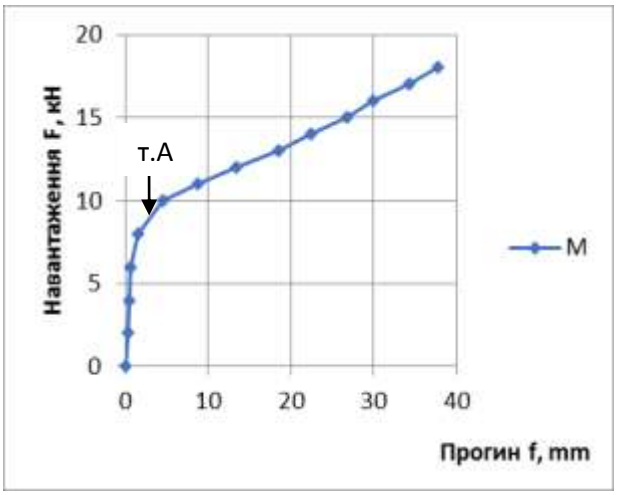
в



г



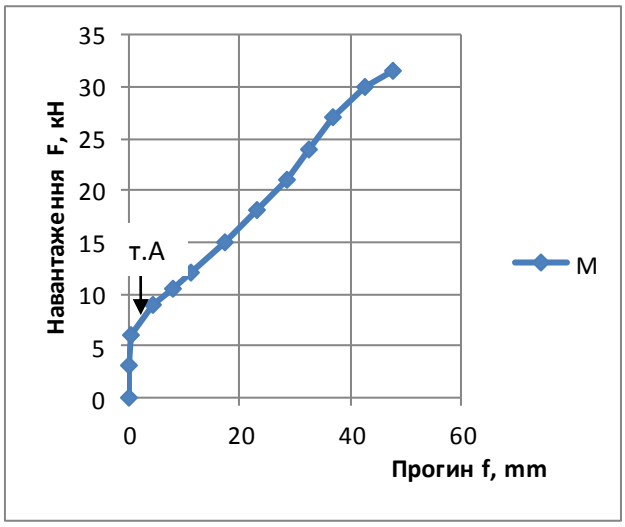
д



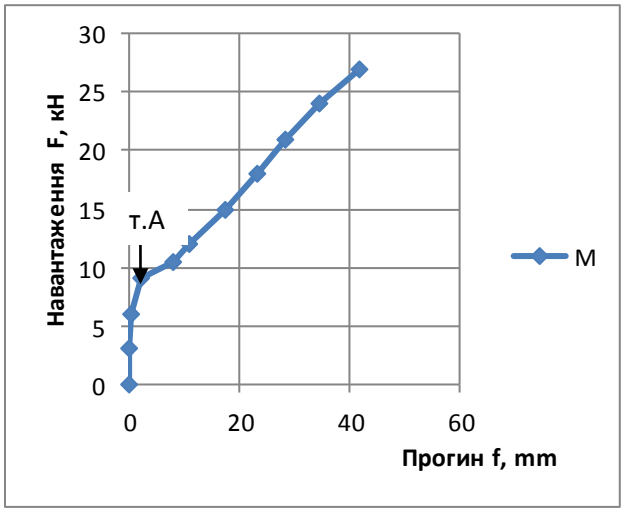
е

Рис. 3 **Графіки зміни прогинів базальтобетонних балок: Б-4/1 – а; Б-4/2 – б; Б-6/1 –в;**
Б-6/2-г; Б-8/1 – д; Б-8/2 – е

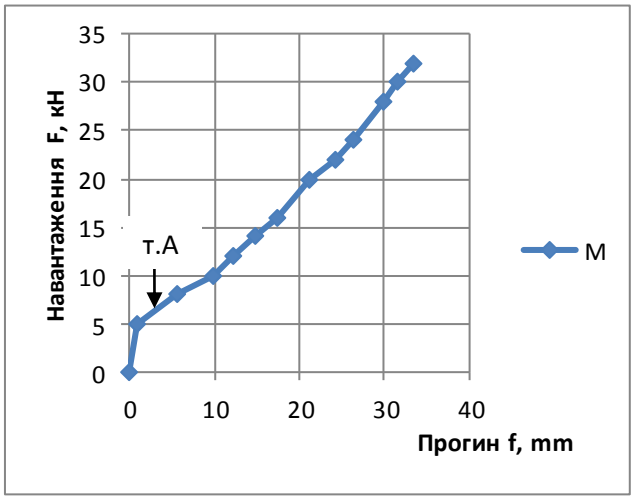
©П.М.Коваль, О.Я.Гримак



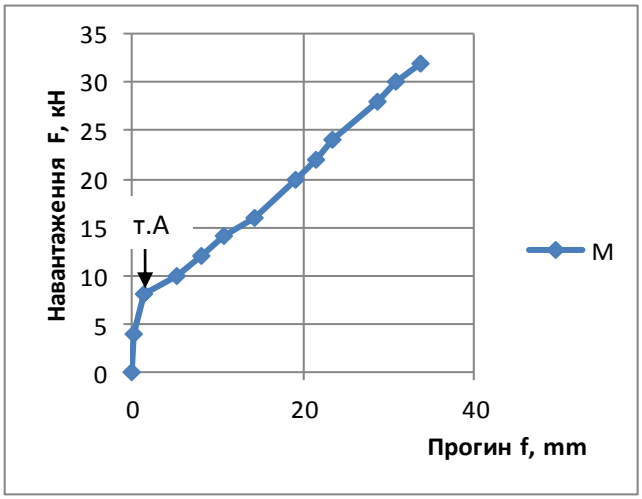
а



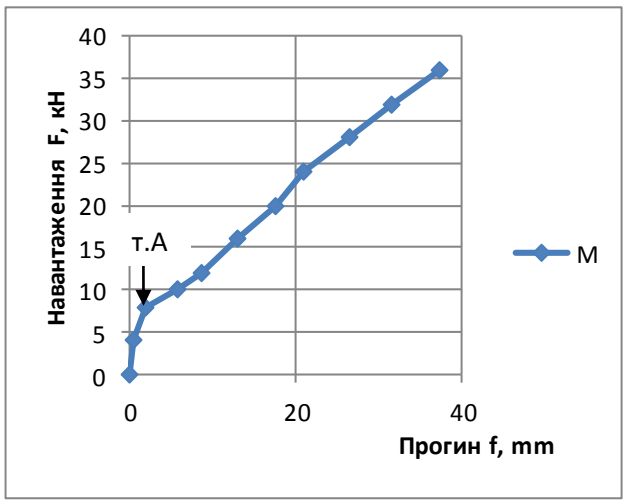
б



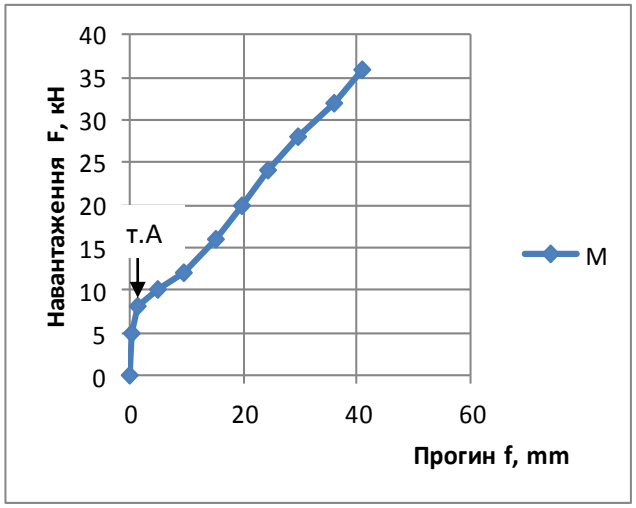
в



г



д



е

Рис.4 **Графіки зміни прогинів базальтобетонних блок: Б-10/1 –а; Б-10/2 – б; Б-12/1 – в; Б-12/2 – г; Б-13/1 – д; Б-13/2 – е**

Висновки.

Встановлено види руйнування базальтобетонних балок при різних коефіцієнтах армування та їх несуча здатність. За своєю несучою здатністю бетонні балки, армовані базальтопластиковою арматурою близькі до балок, армованих сталевою арматурою. Прогини дослідних балок із базальтопластиковою арматурою відповідають вимогам до прогинів елементів із сталевою арматурою. Суттєві особливості має тріщиностійкість базальтобетонних конструкцій, ширина розкриття у них більша ніж у залізобетонних. Тому необхідно провести дослідження щодо підвищення тріщиностійкості базальтобетонних конструкцій.

1. Nowa generacja mostow. Mosty z kompozytow polimerowych/ Henryr Zobel ta i.//Magazyn Autostrady. – Warsaw, 2004. - № 4. – 5. 16-20.
2. ACI 440. 3R – 04 Guide for the Desing and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. – American Concrete Institute, 2006 - 44p.
3. ДСТУ – Н Б.В.2.6 – 185:2012 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевого композитною арматурою на основі базальтового – і склоровінгу. – 2012. – с.28.
4. Экспериментальные исследования прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных композитной базальтопластиковой арматурой / Ю.А. Климов, А.С. Солдатченко, С.А. Васильчишина. // Бетон и железобетон в Украине. – 2011. № 2. – с.7-10.
5. Солдатченко О.С. Міцність, жорсткість та тріщиностійкість згинальних конструкцій зі склопластиковою і базальтопластиковою композитною арматурою // Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук. – Київ, 2012. – 21с.

©П.М.Коваль, О.Я.Гримак

УДК 629.3

Л.С. Козачук, В.В. Стельмащук, В.П. Онищук, І.С. Козачук
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ СИСТЕМ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ

В даній статті розглянуто принцип дії основних систем активної безпеки автомобіля, що підвищують ефективність його гальмівної системи та забезпечують курсову стійкість та керованість. Основну увагу зосереджено на інтегрованій системі керування динамікою автомобіля, яка об'єднує систему курсової стійкості, рульове керування і підвіску. Встановлено необхідність інтеграції спільної роботи вказаних систем для керування автомобілем.

Ключові слова: активна безпека автомобіля, системи керування автомобілем, інтегрована система керування динамікою автомобіля.

Рис.4. Літ. 9.

Л.С. Козачук, В.В. Стельмащук, В.П. Онищук, И.С. Козачук

АНАЛИЗ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

В статье рассмотрен принцип действия главных систем активной безопасности автомобиля, которые улучшают эффективность его тормозной системы и помогают обеспечить курсовую стойкость и управляемость. Основное внимание сконцентрировано на интегрированной системе управления динамикой автомобиля, которая включает систему курсовой устойчивости, рулевое управление и подвеску. Установлено необходимость интеграции совместной работы систем активного управления автомобилем.

Ключевые слова: активная безопасность автомобиля, системы управления автомобилем, интегрированная система управления динамикой автомобиля.

L. Kozachuk, V. Stelmashchuk, V. Onyshchuk, I. Kozachuk

ANALYSIS OF VEHICLE ACTIVE SAFETY SYSTEMS

This paper presents the principle of action of the main active safety vehicles control for improving of its brake and dynamic performance. The analysis of scientific researches on this subject is carried out. Need for integration of vehicle active safety control systems is established.

Keywords: active vehicles safety, vehicle control systems, integrated vehicle dynamic control system.

Постановка проблеми. З моменту появи перших автомобілів ведеться постійна робота над покращенням їхніх показників, властивостей і безпеки руху. Спочатку зусилля автомобільних інженерів були спрямовані на підвищення максимальних швидкостей руху автомобіля та забезпечення його надійності і керованості на них. Забезпечення безпеки руху особливо актуально в даний час, коли значно зросли швидкості руху транспортних засобів. Для запобігання виникнення аварійних ситуацій та покращення показників стійкості та керованості, сучасні автомобілі обладнуються системами активної безпеки. Основним призначенням таких систем є попередження аварійних ситуацій. При виникненні такої ситуації система самостійно (без участі водія) оцінює ймовірну небезпеку і, за необхідності, попереджує її шляхом активного втручання в процес керування автомобілем.

Застосування систем активної безпеки дозволяє в різних критичних ситуаціях зберігати контроль над автомобілем, тобто зберігати курсову стійкість і керованість автомобіля. Велика кількість таких систем з'явилась і з'являється у зв'язку із стрімким розвитком електронних систем керування (появою нових видів вхідних пристроїв, підвищенням продуктивності електронних блоків керування). Як правило, системи активної безпеки конструктивно пов'язані і тісно взаємодіють із гальмівною системою автомобіля і значно підвищують її ефективність. Ряд систем може керувати величиною крутного моменту через систему керування двигуном. В будь-якому випадку, такі системи впливають на динаміку автомобіля.

Більшість систем активної безпеки розроблялись і в основному є автономними системами. В критичних режимах руху та керування автомобілем такі системи можуть впливати на роботу одна одної і погіршувати їх ефективність. Тому виникає необхідність аналізу роботи різних систем активної безпеки автомобіля та їх впливу на його динаміку. **Метою** даної роботи є аналіз можливості спільної роботи різних систем активного керування для покращення керованості автомобіля.

Основна частина. Дослідження в області динаміки транспортних засобів, головним чином зосереджується на трьох основних силах, що виникають в зоні контакту шини та

©Л.С. Козачук, В.В. Стельмащук, В.П. Онищук, І.С. Козачук

дорожнього покриття для кожного із чотирьох коліс. Сили, що виникають в зонах контакту шин з дорогою, діють в трьох різних напрямах – поздовжньому, боковому і вертикальному. Поздовжні сили виникають під час гальмування і передачі тягових зусиль, бокові – під час передачі зусиль від елементів рульового керування, вертикальні сили збурюються елементами підвіски автомобіля. Також цими силами створюються відповідні моменти, які діють в зоні контакту шини і дороги [1, 2]. Відповідно, розглядаючи системи активного керування автомобілем та його динамікою, їх потрібно розділити на такі три групи[3]:

- системи керування поздовжніми силами;
- системи керування боковими силами;
- системи керування вертикальними силами.

Створення систем активного керування динамікою транспортних засобів стало можливим завдяки стрімкому розвитку електроніки, датчиків і технологій виконавчих механізмів. Спочатку електронні засоби керування використовувались для покращення паливної економічності двигунів, а пізніше, вони знайшли застосування і для покращення динамічних показників автомобілів. Узагальнена схема системи активного керування автомобілем показана на рис. 1 [4].



Рис. 1. **Схема системи активного керування автомобілем.**

Як видно з рисунка 1, така система являє собою систему «водій-автомобіль», тому керованість автомобіля не можна розглядати без врахування людського фактору. В основному водії можуть керувати динамічною поведінкою транспортного засобу через три вузли: педалями дроселя та гальм для керування поздовжнім переміщенням (задається швидкість руху та поздовжні прискорення), і кермом для зміни напряму руху. Відповідно до наведеної схеми, водій здійснює керуючі впливи на рух автомобіля і на певну еталонну модель (як правило лінійну модель, яка відповідає керуючому впливу) закладену в електронний блок керування (ЕБК). Параметри руху автомобіля через сигнали сенсорів на ці впливи порівнюється із еталонною моделлю і, у випадку їх розбіжності, ЕБК подає сигнали на приводи виконавчих механізмів, щоб змінити параметри руху автомобіля відповідно до лінійних реакцій еталонної моделі. Застосування такої концепції в основних підсистемах автомобіля дозволяє покращити його динамічні показники.

Системи керування динамікою транспортних засобів можна класифікувати не тільки на основі динамічних показників, які ними контролюються, а також, і на основі функцій підсистем автомобіля, якими вони керують. За другим критерієм такі системи можна розділити на активну адаптивну підвіску, активну гальмівну систему, активний привод, активне рульове керування, активну трансмісію та інші [5]. Відповідно до цієї класифікації основну увага в даній статті буде зосереджена на активних системах керування шасі, які впливають на керування автомобілем. Така система також отримала назву – система контролю стійкості транспортних засобів, або система курсової стійкості.

Як зазначалося раніше, забезпечити стійкість транспортного засобу можна керуючи поздовжніми, бічними і вертикальними силами шини. Цими силами в свою чергу можна керувати, змінюючи характер роботи відповідних функціональних систем. В результаті аналізу публікацій [2-6] в даній області можна виділити чотири головні стратегії, керування динамікою транспортного засобу. Вони повинні в основному керувати трьома силами, що діють під час контакту шини з дорогою наступним чином:

- керування поздовжніми гальмівними зусиллями;
- керування поздовжніми приводними зусиллями;

- керування боковими зусиллями від рульового керування;
- керування вертикальними силами підвіски.

Розглянемо більш детально системи керування гальмівними зусиллями.

Для збереження стійкості і керованості автомобіля за рахунок завчасного визначення та усунення критичної ситуації призначена система курсової стійкості (інша назва – система динамічної стабілізації). З 2011 року оснащення системою курсової стійкості нових легкових автомобілів є обов'язковим у США, Канаді, країнах Євросоюзу.

Система дозволяє утримувати автомобіль в межах заданої водієм траєкторії при різних режимах руху (розгоні, гальмуванні, русі по прямій, в поворотах і під час руху накатом).

Залежно від виробника розрізняють різні назви системи курсової стійкості, але більшість автовиробників Європи та Америки її називають ESP (Electronic Stability Programme). Перші системи ESP почали встановлюватись на автомобілі з 1995 року [7].

Система курсової стійкості (рис. 2) є системою активної безпеки більш високого рівня і включає антиблокувальну систему гальм (ABS), систему розподілу гальмівних зусиль (EBD), електронне блокування диференціала (EDS), протибуксувальну систему (ASR). Система курсової стійкості об'єднує вхідні датчики, електронний блок керування і гідравлічний блок в якості виконавчого пристрою. Вхідні датчики фіксують конкретні параметри автомобіля і перетворять їх в електричні сигнали. За допомогою датчиків система динамічної стабілізації оцінює дії водія і параметри руху автомобіля. Використовуються в оцінці дій водія датчики кута повороту рульового колеса, тиску в гальмівній системі, вимикач стоп-сигналу. Оцінюють фактичні параметри руху датчики частоти обертання коліс, поздовжнього прискорення, поперечного прискорення, швидкості повороту автомобіля, тиску в гальмівній системі. Блок керування системи ESP приймає сигнали від датчиків і формує керуючі впливу на виконавчі пристрої підконтрольних систем активної безпеки:

- впускні і випускні клапани системи ABS;
- перемикачі і клапани високого тиску системи ASR;
- контрольні лампи системи ESP, системи ABS, гальмівної системи.

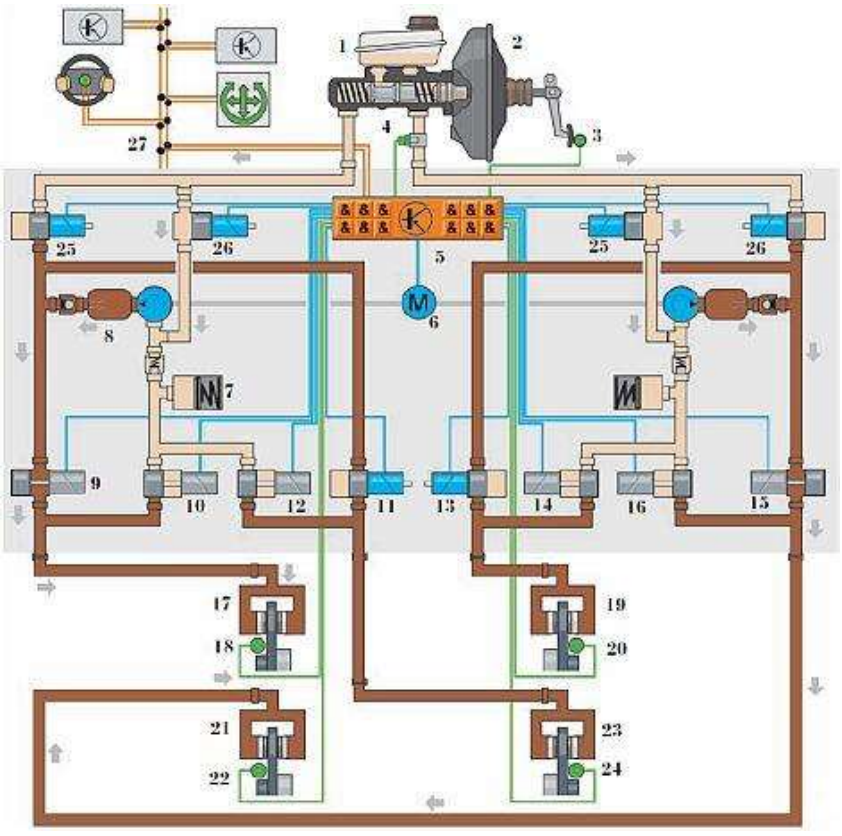


Рис. 2. **Схема будови системи курсової стійкості**.
1- компенсаційний бачок; 2- вакуумний підсилювач гальм; 3- датчик положення педалі гальм;

4- датчик тиску в гальмівній системі; 5- блок управління; 6- насос зворотної подачі; 7- акумулятор тиску; 8- демпферна камера; 9- впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10- випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12- випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14- випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16- випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17- передній лівий гальмівний циліндр; 18- датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19- передній правий гальмівний циліндр; 20- датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21- задній лівий гальмівний циліндр; 22- датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23- задній правий гальмівний циліндр; 24- датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25- перемикаючий клапан; 26- клапан високого тиску;
27- шина обміну даними.

У своїй роботі блок керування ESP взаємодіє з системою управління двигуном і автоматичною коробкою передач (через відповідні ЕБК). Окрім прийому сигналів від цих систем блок керування формує керуючі впливу на елементи системи управління двигуном і АКПП.

Для роботи системи динамічної стабілізації використовується гідравлічний блок системи ABS/ASR з усіма компонентами. Визначення настання аварійної ситуації здійснюється шляхом порівняння дій водія і параметрів руху автомобіля. У разі, коли дії водія (бажані параметри руху) відрізняються від фактичних параметрів руху автомобіля, система ESP розпізнає ситуацію як неконтрольовану і включається в роботу.

Стабілізація руху автомобіля за допомогою системи курсової стійкості може досягатися кількома способами:

- пригальмовуванням одного або декількох коліс;
- зміною крутного моменту двигуна;
- зміною кута повороту передніх коліс (за наявності системи активного рульового керування);
- зміною ступеня демпфірування амортизаторів (за наявності адаптивної підвіски).

Пригальмовування коліс проводиться шляхом включення в роботу відповідних систем активної безпеки. Робота при цьому носить циклічний характер: збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску в гальмівній системі.

Зміна крутного моменту двигуна в системі ESP може здійснюватися кількома шляхами:

- зміною положення дросельної заслінки;
- пропуском упорскування палива;
- пропуском імпульсів запалювання;
- зміною кута випередження запалювання;
- скасуванням перемикання передачі в АКПП;
- перерозподілом крутного моменту між осями (за наявності повного приводу).

У конструкції системи курсової стійкості можуть бути реалізовані наступні додаткові функції (підсистеми): гідравлічний підсилювач гальм, запобігання перекидання, запобігання зіткнення, стабілізації автопоїзда, підвищення ефективності гальм при нагріванні, видалення вологи з гальмівних дисків і та інші [8]. Всі перераховані системи , в основному, не мають своїх конструктивних елементів, а є програмним розширенням системи ESP.

Система запобігання перекидання ROP (Roll Over Prevention) стабілізує рух автомобіля при загрозі перекидання. Запобігання перекидання досягається за рахунок зменшення поперечного прискорення шляхом пригальмовування передніх коліс і зниження крутного моменту двигуна. Додатковий тиск в гальмівній системі створюється за допомогою активного підсилювача гальм.

Система запобігання зіткнення (Braking Guard) може бути реалізована в автомобілі, оснащеному адаптивним круїз-контролем. Система запобігає небезпеці зіткнення за допомогою візуальних і звукових сигналів, а в критичній ситуації - шляхом нагнітання тиску в гальмівній системі (автоматичного включення насоса зворотної подачі).

Система стабілізації автопоїзда може бути реалізована в автомобілі, що обладнаний тягово-зчіпним пристроєм. Система запобігає рисканню причепа при русі автомобіля, яке досягається за рахунок гальмування коліс або зниження крутного моменту.

Система підвищення ефективності гальм при нагріванні FBS (Fading Brake Support, інша назва – Over Boost) запобігає недостатньому зчепленню гальмівних колодок з гальмівними дисками, яке виникає при їхньому нагріванні, шляхом додаткового збільшення тиску в гальмівному приводі.

Система видалення вологи з гальмівних дисків активується на швидкості понад 50 км/год і включених склоочисниках. Принцип роботи системи полягає в короткочасному підвищенні тиску в контурі передніх коліс, за рахунок чого гальмівні колодки притискаються до дисків і відбувається випаровування вологи.

Антиблокувальна система гальм встановлюється на автомобілях з 1978 року. За минулий період система зазнала значних змін. На основі системи АБС побудована система розподілу гальмівних зусиль. З 1985 року система інтегрована з протибуксувальною системою. З 2004 року всі автомобілі, що випускаються в Європі, оснащуються антиблокувальною системою гальм.

Під час екстреного гальмування автомобіля можливе блокування одного або декількох коліс. В цьому випадку весь запас по зчепленню колеса з дорогою використовується в поздовжньому напрямку. Заблоковане колесо перестає сприймати бокові сили, що утримують автомобіль на заданій траєкторії, і ковзає по дорожньому покриттю. Автомобіль втрачає керованість, і найменше бокове зусилля приводить до його заносу. Антиблокувальна система гальм (АБС, ABS, Antilock Brake System) призначена запобігти блокуванню коліс під час гальмування і зберегти керованість автомобіля. Антиблокувальна система підвищує ефективність гальмування, зменшує довжину гальмівного шляху на сухому і мокрому покритті, забезпечує кращу маневреність на слизькій дорозі, керованість при екстреному гальмуванні. В актив системи можна записати менше і більш рівномірне зношування шин.

Разом з тим, система АБС не позбавлена недоліків. На пухкій поверхні (пісок, гравій, сніг) застосування антиблокувальної системи збільшує гальмівний шлях. На такому покритті найменший гальмівний шлях забезпечується як раз при заблокованих колесах. Під час гальмування на таких поверхнях перед кожним колесом формується клин з ґрунту, який і призводить до скорочення гальмівного шляху. У сучасних конструкціях ABS цей недолік майже усунений – система може автоматично визначити характер поверхні і для кожного її виду реалізує свій алгоритм гальмування.

Найбільш ефективною є антиблокувальна система гальм з індивідуальним регулюванням ковзання колеса, так звана чотириканальна система. Індивідуальне регулювання дозволяє отримати оптимальний гальмівний момент на кожному колесі відповідно до дорожніми умовами і, як наслідок, мінімальний гальмівний шлях.

Конструкція антиблокувальної системи (рис. 3) включає датчики частоти обертання коліс, датчик тиску в гальмівній системі, блок керування і гідравлічний блок в якості виконавчого пристрою. Датчик швидкості встановлюється на кожне колесо. Він фіксує поточне значення частоти обертання колеса і перетворює його в електричний сигнал. На підставі сигналів датчиків блок керування виявляє ситуацію блокування колеса. Відповідно до встановленого програмного забезпечення блок формує керуючі впливу на виконавчі пристрої – електромагнітні клапани і електродвигун насоса зворотної подачі гідравлічного блоку системи. Гідравлічний блок об’єднує впускні і випускні електромагнітні клапани, акумулятори тиску, насос зворотної подачі з електродвигуном, демпферні камери. У гідравлічному блоці кожному гальмівного циліндра колеса відповідає один впускний і один випускний клапани, які керують гальмуванням в межах свого контуру.

Акумулятор тиску призначений для прийому гальмівної рідини при скиданні тиску в гальмівному контурі. Насос зворотної подачі підключається, коли ємності акумуляторів тиску недостатньо. Він збільшує швидкість скидання тиску. Демпферні камери приймають гальмівну рідину від насоса зворотної подачі і гасять її коливання. У гідравлічному блоці встановлюється два акумулятора тиску і дві демпферні камери за кількістю контурів гідроприводу гальм.

Робота антиблокувальної системи гальм носить циклічний характер. Цикл роботи системи включає три фази:

- утримання тиску;

- скидання тиску;
- збільшення тиску.

На підставі електричних сигналів, що надходять від датчиків кутової швидкості, блок керування ABS порівнює кутові швидкості коліс. При виникненні небезпеки блокування одного з коліс, блок керування закриває відповідний впускний клапан. Випускний клапан при цьому також закритий. Відбувається утримання тиску в контурі гальмівного циліндра колеса. При подальшому натисканні на педаль гальма тиск в гальмівному циліндрі колеса не збільшується. При тривалому блокуванні колеса, блок керування відкриває відповідний випускний клапан. Впускний клапан при цьому залишається закритим. Гальмівна рідина перетікає в акумулятор тиску. Відбувається скидання тиску в контурі, при цьому швидкість обертання колеса збільшується. При недостатній ємності акумулятора тиску, блок керування ABS підключає до роботи насос зворотної подачі. Насос зворотної подачі перекачує гальмівну рідину в демпферну камеру, зменшуючи тиск у системі. Водій при цьому відчуває пульсацію педалі гальма. Як тільки кутова швидкість колеса перевищить певне значення, блок керування закриває випускний клапан і відкриває впускний. Відбувається збільшення тиску в контурі гальмівного циліндра колеса. Цикл роботи антиблокувальної системи гальм повторюється до завершення гальмування або припинення блокування.

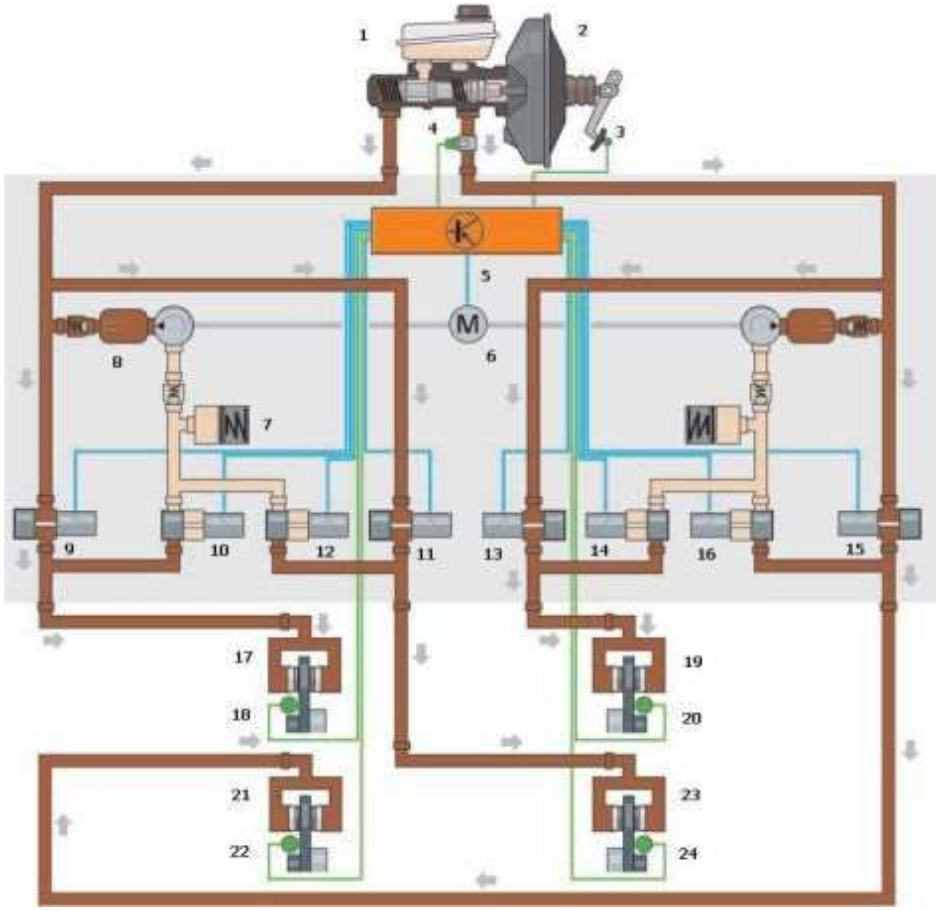


Рис. 3**. Схема будови антиблокувальної системи гальм.**

1- компенсаційний бачок; 2- вакуумний підсилювач гальм; 3- датчик положення педалі гальм; 4- датчик тиску в гальмівній системі; 5- блок керування; 6- насос зворотної подачі; 7- акумулятор тиску; 8- демпферна камера; 9- впускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 10- випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12- випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14- випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму;

16- випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17- передній лівий гальмівний циліндр; 18- датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19- передній правий гальмівний циліндр; 20- датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21- задній лівий гальмівний циліндр; 22- датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23- задній правий гальмівний циліндр; 24- датчик частоти обертання заднього правого колеса;

Система розподілу гальмівних зусиль EBD призначена для запобігання блокування задніх коліс за рахунок керування гальмівним зусиллям задньої осі. Сучасний автомобіль влаштований так, що на задню вісь припадає менше навантаження, ніж на передню. Тому для збереження курсової стійкості автомобіля блокування передніх коліс повинно наступати раніше задніх коліс. При різкому гальмуванні автомобіля відбувається додаткове зменшення навантаження на задню вісь, так як центр ваги зміщується вперед. А задні колеса, при цьому, можуть виявитися заблокованими.

Система розподілу гальмівних зусиль являє собою програмне розширення антиблокувальної системи гальм. Іншими словами, система використовує конструктивні елементи системи ABS в новій якості.

Робота системи EBD, також як і система ABS, носить циклічний характер. Цикл роботи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

За даними датчиків частоти обертання коліс блок управління ABS порівнює гальмівні зусилля передніх і задніх коліс. Коли різниця між ними перевищує задану величину, включається алгоритм системи розподілу гальмівних зусиль. На підставі різниці сигналів датчиків блок управління визначає початок блокування задніх коліс. Він закриває впускні клапани в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс. Тиск у контурі задніх коліс утримується на поточному рівні. Впускні клапани передніх коліс залишаються відкритими. Тиск в контурах гальмівних циліндрів передніх коліс продовжує збільшуватися до початку блокування передніх коліс. Якщо колеса задньої осі продовжують блокуватися, відкриваються відповідні випускні клапани і тиск в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс зменшується. При перевищенні кутової швидкості задніх коліс заданого значення, тиск в контурах збільшується. Відбувається гальмування задніх коліс. Робота системи розподілу гальмівних зусиль закінчується з початком блокування передніх (ведучих) коліс. При цьому в роботу включається система ABS .

Антибуксувальна система (інша назва - протибуксувальна система) призначена для запобігання пробуксовування ведучих коліс. Найбільш поширена торговельна назва системи ASR (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) [9]. Незважаючи на різноманіття назв, конструкція і принцип роботи даних протибуксувальних систем багато в чому схожі.

Протибуксувальна система побудована на конструктивній основі антиблокувальної системи гальм. В системі ASR реалізовані дві функції: електронне блокування диференціала і керування крутним моментом двигуна.

Для реалізації протибуксувальних функцій в системі використовується насос зворотної подачі і додаткові електромагнітні клапани (перемикаючий і клапан високого тиску) на кожне з ведучих коліс в гідравлічному блоці ABS (рис. 4). Керування системою ASR здійснюється за рахунок відповідного програмного забезпечення, включеного до блоку керування ABS. У своїй роботі блок керування ABS/ASR взаємодіє з блоком керування системи управління двигуном.

Система ASR попереджує пробуксовування коліс у всьому діапазоні швидкостей автомобіля:

- при низьких швидкостях руху (від 0 до 80 км/год) система забезпечує передачу крутного моменту за рахунок пригальмовування ведучих коліс;
- при швидкості вище 80 км/год зусилля регулюються за рахунок зменшення передачі від двигуна крутного моменту.

На підставі сигналів датчиків частоти обертання коліс блок керування ABS/ASR визначає наступні характеристики:

- кутове прискорення ведучих коліс;
- швидкість руху автомобіля (на підставі кутової швидкості неведучих коліс);

- характер руху автомобіля – прямолінійний або криволінійний (на підставі порівняння кутових швидкостей неведучих коліс);
- величину проковзування ведучих коліс (на підставі різниці кутових швидкостей провідних і непровідних коліс).

Залежно від поточного значення експлуатаційних характеристик проводиться керування гальмівним тиском або керування крутним моментом двигуна.

Керування гальмівним тиском здійснюється циклічно. Робочий цикл має три фази – збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску. Збільшення тиску гальмівної рідини в контурі забезпечує гальмування ведучого колеса. Воно проводиться за рахунок включення насоса зворотної подачі, закриття клапана перемикання і відкриття клапана високого тиску. Утримання тиску досягається за рахунок відключення насоса зворотної подачі . Скидання тиску проводиться після закінчення пробуксовування при відкритих впускному клапані і клапані перемикання. За необхідності цикл роботи повторюється.

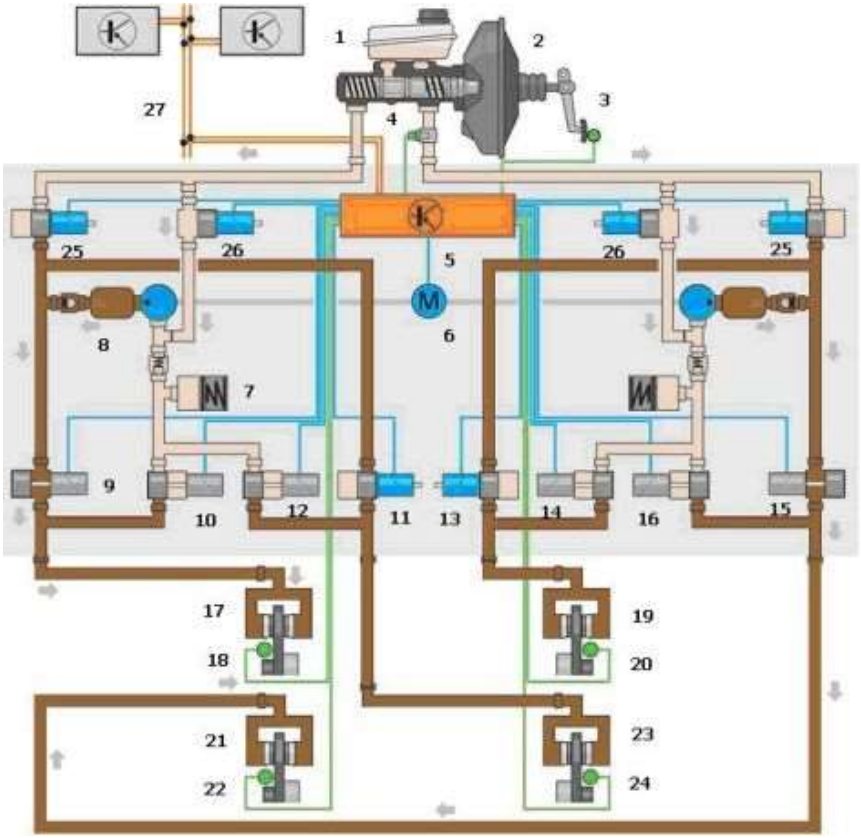


Рис. 4**. Схема будови антибуксувальної системи.**

1- компенсаційний бачок; 2- вакуумний підсилювач гальм; 3- датчик положення педалі гальм; 4- датчик тиску в гальмівній системі; 5- блок керування; 6- насос зворотної подачі; 7- акумулятор тиску; 8- демпферна камера; 9- впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10- випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12- випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14- випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16- випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17- передній лівий гальмівний циліндр; 18- датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19- передній правий гальмівний циліндр; 20- датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21- задній лівий гальмівний циліндр;

22 - датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23- задній правий гальмівний циліндр; 24- датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25- перемикаючий клапан; 26- клапан високого тиску; 27- шина обміну даними.

Керування крутним моментом двигуна здійснюється у взаємодії з системою управління двигуном. На підставі інформації про проковзування ведучих коліс, яка надходить від датчиків кутової швидкості коліс, і фактичною величиною крутного моменту, який визначається блоком керування двигуна, блок керування протибуксувальної системи визначає величину необхідного крутного моменту. Дана інформація передається в блок керування системи керування двигуном і реалізується за допомогою різних дій:

- зміни положення дросельної заслінки;
- пропуску впорскувань палива в системі живлення двигуна;
- пропуску імпульсів запалювання або зміни кута випередження запалювання в системі запалювання;
- скасування перемикання передачі в автомобілях з автоматичною коробкою передач.

Об'єднання різних електронних систем автомобіля в мережу, крім обміну інформацією, дозволяє організувати їх спільну роботу. В таку систему можна об'єднати систему курсової стійкості, рульове управління, трансмісію і підвіску автомобіля, які до цього працювали самостійно.

Система управління динамікою автомобіля спрямована на підтримку курсової стійкості, підвищення маневреності, зниження навантаження на водія. Система являє собою спеціальне програмне забезпечення, яке встановлюється, як правило, в блок керування системи курсової стійкості. Система не має власних конструктивних елементів, тому системою, як такою, є лише умовно.

У інтегрованій системі управління динамікою автомобіля можуть бути реалізовані наступні функції:

- додатковий крутний момент на рульовому колесі;
- додатковий кут повороту передніх коліс;
- кут повороту коліс задньої осі на задньоприводних автомобілях;
- розподіл крутного моменту між передньою і задньою віссю на повнопривідних автомобілях;
- розподіл крутного моменту між правим і лівим ведучими колесами;
- зниження кренів і розгойдування підвіски.

Додатковий крутний момент на рульовому колесі впливає на дії водія. При надлишковій повороткості крутний момент створюється в напрямку, протилежному відведенню. При недостатній обертальності дана функція перешкоджає подальшому повороту рульового колеса. Величина додаткового крутного моменту невелика (до 3 Нм), тому його вплив на динаміку автомобіля мінімально. Функція додаткового крутного моменту на рульовому колесі реалізована за допомогою електропідсилювача рульового управління.

Створення додаткового кута повороту передніх коліс дозволяє добитися значної стабілізації руху. Для створення додаткового кута повороту коліс використовується електропідсилювач рульового управління, який за певних умов руху активно втручається в управління автомобілем. Наприклад, в системі активного рульового управління від BMW реалізована корегування кута повороту передніх коліс при проходженні поворотів і гальмуванні на слизькому покритті.

При надлишковій повороткості колеса повертаються в протилежну сторону, при недостатній обертальності поворотом коліс досягається втрачене зчеплення з дорогою. У більшості випадків втручання в роботу рульового управління дозволяє стабілізувати автомобіль без зниження швидкості руху.

На деяких моделях задньоприводних автомобілів використовується поворот коліс задньої осі. Наприклад, в системі активного управління геометрією підвіски ця функція виконана за допомогою змінної довжини важелів. На малій швидкості поворот задніх коліс в напрямку, протилежному до передніх, підвищує маневреність автомобіля. На великій швидкості поворот задніх коліс в одному напрямку з передніми підвищує курсову стійкість автомобіля.

Активний розподіл (перерозподіл) крутного моменту між передньою і задньою віссю застосовується в більшості сучасних систем повного приводу. Дана функція дозволяє керувати динамікою автомобіля, балансуючи між надлишковою і недостатньою повороткістю.

Розподіл крутного моменту між ведучими колесами в поперечному напрямку реалізується за допомогою електронного блокування диференціала, а також деяких способів фізичного блокування диференціала.

Істотний вплив на підтримання курсової стійкості надає функція управління креном автомобіля. Ця функція здійснюється за допомогою стабілізаторів поперечної стійкості змінної жорсткості і адаптивних амортизаторів у складі активної підвіски.

Висновки. За допомогою об'єднання різних систем автомобіля досягається висока динаміка при збереженні безпеки руху. Активні системи керування динамікою автомобіля не керують рухом транспортного засобу безпосередньо, але впливають на зміну сил, що діють між шиною та дорожнім покриттям. Контроль динаміки транспортного засобу в одному напрямі може також побічно впливати на інші напрями переміщення автомобіля. Наприклад, використання блокування одного з коліс під час гальмування для забезпечення курсової стійкості автомобіля призводить до втручання в подовжню динаміку автомобіля. Крім того, цілі контролю різних автономних систем управління можуть конфліктувати між собою.

Проте, в такому випадку, виникає необхідність збільшення кількості окремих датчиків, виконавчих механізмів та засобів електропостачання, для здійснення нових функцій щодо контролю за динамікою транспортного засобу, призведе до ускладнення такої системи, її вартості і ваги, що є комерційно небажано. Тому, щоб досягти поліпшення динамічних показників транспортного засобу, контроль за його динамікою повинен бути побудований інтегрованим, а не об'єднаним способом.

При цьому термін "інтегрований" обмежений функціональною інтеграцією систем керування динаміки транспортного засобу, а не інтеграцією апаратних засобів. Завдяки цьому всі існуючі автономні системи керування можуть співпрацювати реагуючи на дії водія автомобіля і керуючи рухом автомобіля скоординовано. В результаті можна отримати найкращий ефект щодо контролю динаміки транспортного засобу.

Отже, розробка інтегрованих систем керування – наступний важливий крок розвитку активного контролю за динамікою транспортного засобу.

Є два різних підходи, які можуть використовуватися при проектуванні інтегровані системи керування динамікою транспортного засобу: перший, так званий, підхід «знизу–вгору», який використовує дві або більше автономних системи управління для проектування інтегрованої системи керування; другий – низхідний підхід. Згідно з цим підходом використовуються багатоваріантні методи контролю для проектування моделі керування, в основу якої включений глобальний контролер, що взаємодіє із підсистеми автомобіля, які розглядають в процесі проектування системи контролю.

1. Солтус А. П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Учебное пособие для ВУЗов.– К.: Аристей, 2004.– 188 с.
2. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов.– СПб.: БХВ – Петербург, 2006.– 478 с.
3. Junje, H. et al. Coordination of active steering, driveline, and braking for integrated vehicle dynamics control. Proceedings of IMechE, Part D: Journal of Automobile engineering. 2005. Vol. 220.
4. Дэниэлс Дж. Современные автомобильные технологии. – М.: ООО “Издательство АСТ”, ООО “Издательство Астрель”, 2003. – 223 с.
5. Rengaraj, C., Crolla, D.A. Integrated Chassis Control to Improve Vehicle Handling Dynamics Performance. SAE 2011-01-0958.
6. Pacejka, H.B. Tyre and Vehicle Dynamics. Butterworth-Heinemann. 2009. ISBN 0-7506-5141-5.
7. Волков В.П. Эволюция тормозного управления автомобиля / В.П. Волков, Н.В. Дюкарев, Ю.В. Волков // Вестник ХНАДУ . 2008.– №41.– С. 55-59.
8. Будущее тормозных систем. Что придёт на смену ESP? // Автостроение за рубежом. – 2004. – № 9. – С. 18 – 22.
9. Система превентивной безопасности Pre-Safe второго поколения фирмы Mercedes-Benz // Автостроение за рубежом.– 2006. – № 11. – С. 2 – 4.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2014

©Л.С. Козачук, В.В. Стельмащук, В.П. Онищук, І.С. Козачук

УДК 624.012.45

В.М.Колякова, Є.Л.Шармаков

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОЛЬОТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЇХ АНКЕРУВАННЯ У ПРОЛЬОТІ

Розглянуті конструктивні рішення із забезпечення сумісної роботи сталевого профільованого настилу та залізобетонної плити у прольотних сталезалізобетонних конструкціях. Наведені результати експериментальних випробувань сталезалізобетонних плит перекриття, в яких анкерування сталевого профільованого настилу до залізобетонної плити забезпечено у прольоті. Обґрунтовано застосування запропонованих конструктивних заходів при проектуванні прольотних залізобетонних конструкцій по сталевому профільованому настилу в умовах динамічного навантаження.

Ключові слова: *сталезалізобетон, зчеплення, стадійне руйнування, динамічне навантаження.*

Табл. 1. Рис. 6. Літ. 12.

В.М.Колякова, Е.Л.Шармаков

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИХ АНКЕРОВКИ В ПРОЛЕТЕ

Рассмотрены конструктивные решения по обеспечению совместной работы стального профилированного настила и железобетонной плиты в пролетных сталежелезобетонных конструкциях. Приведены результаты экспериментальных испытаний сталежелезобетонных плит перекрытия, в которых анкеровка стального профилированного настила к железобетонной плите обеспечена в пролете. Обосновано использование предложенных конструктивных мер при проектировании пролетных железобетонных конструкций по стальному профилированному настилу в условиях динамической нагрузки.

Ключевые слова*: сталежелезобетон, сцепление, стадийное разрушение, динамическая нагрузка.*

V.Kolyakova, Y.Sharmakov

THE FEATURES OF COMPOSITE SPAN STRUCTURES PROVIDING ITS ANCHORAGE IN THE SPAN

Constructive solutions to ensure common work of profiled steel decking and concrete slab is the span of composite structures are reviewed. The results of experimental tests of composite slabs in which anchoring steel profiled sheeting to the concrete slab is provided in the span are showed. Proved the use of the proposed design solutions in the design of reinforced concrete span structures with a steel profiled decking under dynamic loading.

Key words*: composite steel and concrete constructions, clutch, stage destruction, dynamic load.*

Постановка проблеми. В наш час залізобетон та метал є основними матеріалами прольотних будов капітальних мостів. Тому, цілеспрямованим є застосування поряд із залізобетонними та металевими також сталезалізобетонні прольотні будови, в яких залізобетон та метал працюють в єдиній композитній конструкції, що дозволяє у багатьох випадках найкращим чином використовувати кожен з цих двух матеріалів згідно з його властивостями.

Основна увага науковців присвячена дослідженню сумісної роботи сталевої та залізобетонної частин перерізу композитних конструкцій та їх розрахунку, оскільки міцність та деформативність даних конструкцій головним чином залежить саме від міцності і надійності анкерних засобів [5].

Чинні галузеві будівельні норми із проектування сталезалізобетонних конструкцій мостів, у лінійних розрахунках нехтують впливами ковзання та роздільним визначенням внутрішніх сил і моментів на границі розділу сталь-бетон, а рекомендації по проектуванню залізобетонних плит по сталевому профільованому настилу (СПН) не дозволяють використовувати сталевий лист як зовнішнє армування залізобетонної плити при динамічних впливах з коефіцієнтом асиметрії циклу $\rho<0,7$ [3, 4]. Головним чином такий підхід до проектування пояснюється вразливістю наведених вище конструкцій до коливань та вібрацій, спричинених ходою людей, рухом транспорту та іншим динамічним навантаженням.

Вразливість плит по СПН до динамічного навантаження пояснюється передчасним відшаруванням сталевого листа, анкерування в прольоті якого забезпечено лише склеюванням складової бетону та силами тертя, від залізобетонної плити. Порушення сумісної роботи композитної конструкції відбувається по контакту сталь-бетон внаслідок неспроможності міцності сил склеювання чинити опір динамічному навантаженню. Втрата зчеплення

©В.М.Колякова, Є.Л.Шармаков

призводить до переходу від напружено-деформованого стану композитної конструкції до напружено-деформованого стану залізобетонної та сталевої конструкцій, які в подальшому працюють окремо. Надалі, сталевий лист виконує функцію незнімної опалубки, а не зовнішнього армування. Порушення сумісної роботи передує втраті несучої здатності сталезалізобетонної конструкції в цілому, прогини конструкції збільшуються і не стабілізуються при витримці навантаження [1, 2, 9].

Тому, постає питання із забезпечення надійної та довговічної сумісної роботи сталевої та бетонної частин перерізу, що дало б змогу використовувати обидва матеріали конструкції в повній мірі. Крім того, важливим питанням при будівництві прольотних будов мостів є економія витрат матеріалів, досягти якої можна за допомогою застосування монолітної залізобетонної плити по сталевому профільованому настилу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток сталезалізобетонних мостів пов'язаний із застосуванням суміжних конструкцій в інших сферах будівництва. Так значного поступу у впровадженні конструкцій міжповерхового перекриття житлових і промислових споруд із використанням монолітної залізобетонної плити, укладеної по СПН зробила Чехія. На металургійних комбінатах країни виготовляли універсальну систему «VIP» [10], яка складалася з системи прокатних профілів або зварних балок прогонами від 2,4 до 12,6 м (головних та другорядних або тільки головних), що працюють разом із СПН, по якому вкладали монолітний залізобетон (рис. 1).

Розглянуту конструктивну форму застосовували і в мостобудуванні. У 1976р. у ЧССР на автомобільній дорозі Хомутів – Йірків збудований міст за схемою 3×21 м із використанням у сталезалізобетонній проїзній частині сталевого профільованого настилу VSZ [10].

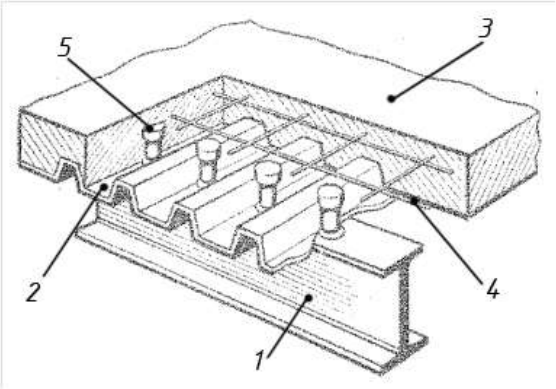


Рис. 1. **Монолітне залізобетонне перекриття за системою «VIP»**
1–металева балка перекриття, *2*–сталевий профільований лист, *3*–бетон, *4*–арматурна сітка, *5*–упор із оголовком [10].

У дослідженнях [12] розглянута конструкція залізобетонної плити по СПН, для прольотних будов мостів. Композитна конструкція складається із декількох шарів бетону, гофрованого металевого листа між ними та арматурних стрижнів, що проходять в поперечному напрямку плити через стінки гофр. Частково змонтована конструкція плити розміщується у прольоті мосту і заливається другим шаром бетонної суміші (рис. 2).

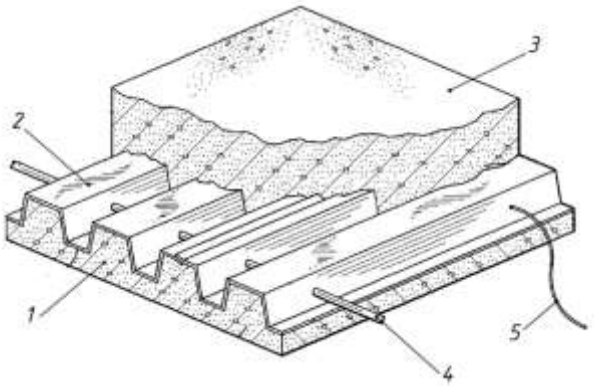


Рис. 2. **Сталезалізобетонна мостова плита**
1–перший шар бетону, *2*–сталевий профільований лист, *3*–другий шар бетону, *4*–арматурний стрижень, *5*–дріт (катодного захист від корозії) [12].

Значну увагу розробці сумісної роботи залізобетонної плити та сталевого настилу у прольотних будовах, а також методам їх розрахунку присвячені роботи Айрумяна Э.Л. [1], Давиденко А.С. [2, 6], Замалиева Ф.С. [5], Санникова И.В. [8], Стороженко Л.І. [9] та інших.

Однак цілий ряд питань, які стосуються забезпечення зчеплення у прольоті плити, потребують свого вирішення, оскільки кожний конструктивний захід відображається на характері деформування та роботи конструкції в цілому і має свої особливості.

Мета роботи. Метою роботи є визначення несучої здатності та характеру деформування сталезалізобетонних прольотних конструкцій, в яких забезпечена сумісна робота у прольоті, за допомогою експериментальних методів.

Основною метою дослідження є обґрунтування на основі експериментальних даних та теоретичного матеріалу можливості застосування залізобетонних плит по сталевому профільованому настилу у автодорожній сфері будівництва.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети були запроектовані три серії сталезалізобетонних плит перекриття розмірами 2000×810 мм та висотою поперечного перерізу 125 мм. При виготовленні всіх зразків використовували бетон С40 та сталевий профільований настил Н75–750–0.7, розміщений широкими гофрами донизу. В стиснутій зоні всіх плит влаштовували конструктивні протиусадочні арматурні сітки зі сталі Вр–І діаметром 4мм і розміром чарунки 100×100 мм. Торцеві упори у вигляді шпильок М16 (клас міцності 4.8) встановлювали в центрі кожної широкої гофри профлиста на відстані 50мм від торця плит із подальшим їх бетонуванням у конструкції плити. Висота торцевого упора у тілі бетону – 110мм.

Після досягнення бетоном проектної міцності зразки плит встановлювали шпильками в отвори на металевому стенді, із подальшим обтиском за допомогою шайб з гайками (клас міцності 4.8). Ширина опирання зразка плити на металевий стенд становить 100мм.

В першій серії плит (П-І) сумісна робота композитної конструкції забезпечена склеюванням складової бетону та силами тертя. В плитах серій (П-ІІ та П-ІІІ) для забезпечення сумісної роботи сталевої та залізобетонної частин композитної конструкції запроектовані два типи анкерних засобів, які монтувались до сталевого листа за допомогою клейового та самонарізного з'єднань. Конструкція анкерів та плит більш детально розглянута у статті [11].

У випробувальному центрі будівельних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури проводили експериментальні випробування зразків на короткочасне статичне навантаження за схемою чистого згину (рис. 3).

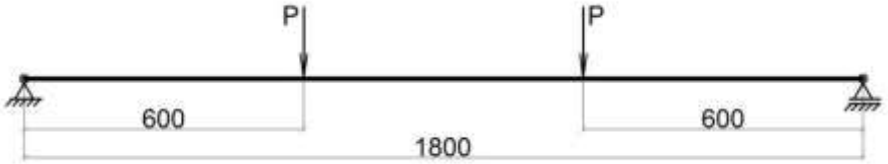


Рис. 3. **Схема навантаження дослідних зразків**

В процесі випробування дослідних зразків навантаження виконували за допомогою трьох гідравлічних домкратів ступенями по 2кН та витримуванням протягом 5хв. У середині прольоту плит визначали прогини індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,01мм, деформації бетону стиснутої зони – індикаторами годинникового типу з точністю 0,001мм, поздовжні деформації профільованого настилу вимірювали тензодатчиками на паперовій основі з базою 20мм та зсув профлиста відносно бетону на торцях плити – індикаторами з точністю 0,01мм.

В процесі випробування експериментальні зразки були доведені до руйнування. За руйнуюче навантаження приймали таке, при якому деформації крайньої розтягнутої (нижньої полиці СПН) і стиснутої бетонної граней досягали максимальних значень, а прогини зразків починали зростати і практично не стабілізувалися при витримці навантаження.

Несуча здатність всіх плит визначалась по згинальному моменту, при якому відбувалось перше відшарування сталевого профільованого настилу від залізобетонної плити. Така оцінка пояснюється роботою композитної конструкції, оскільки після порушення зчеплення прогини починають швидко зростати на однакових ступенях навантаження і не стабілізуються при подальшому навантаженні.

Руйнування плит, армованих лише СПН (серія П-І), відбувається по нормальному перерізу в зоні дії максимального моменту. Процес навантаження зразків плит супроводжується характерним потріскуванням по всій площі сталевого листа, появою тріщин на боковій полиці плити та появою деформації зсуву СПН. Появі тріщин на бокових полицях бетонної плити передує зминання примикаючих полиць сталевого листа. Після порушення зчеплення відбувається втрата несучої здатності експериментального зразка.

Особливий інтерес становить робота сталезалізобетонних зразків плит (серій П-ІІ та П-ІІІ) із анкеруванням у їх прольоті. Характер руйнування даних зразків має схожий характер з плитами П-І, однак порушення сумісної роботи відбувається на 3 стадії. Перше відшарування таких плит відбувається при значно вищих значеннях навантаження в порівнянні з плитами П-І, потріскування та поява прогинів з'являються на більш пізніх стадіях навантаження. Слід відзначити, що потріскування, яке супроводжує відшарування, з'являється безпосередньо перед першим відшаруванням. Це пояснюється анкеруванням у прольоті плити, при якому забезпечується надійна сумісна робота двох матеріалів у складі композитної конструкції.

Після першого порушення зчеплення відбувається зростання значень прогинів, однак вони стабілізуються при витримці навантаження. Подальша робота конструкції супроводжується зростанням деформацій прогинів та локальними відшаруваннями СПН, про що свідчать гучні хлопки в процесі навантаження. Волосяні тріщини у стиснутій зоні на боковій грані бетонної плити з'являються після першого відшарування, сталевий профільований лист працює як зовнішнє армування протягом всього навантаження.

Під час випробувань встановлені зусилля домкрату, при якому відбувається перше та останнє відшарування сталевого листа із відповідними прогинами та деформаціями зсуву СПН (табл. 1).

Таблиця 1.

Несуча здатність та деформативність плит по сталевому профільованому настилу

Серія	Перше відшарування СПН			Останнє відшарування СПН		
	Зусилля F, кН	Прогин f, мм	Зсув СПН відносно бетону Δ, мм	Зусилля F, кН	Прогин f, мм	Зсув СПН відносно бетону Δ, мм

П-I	38,3	5,35	0,28	–	–	–
П-II	61,3	14,25	1,26	84,0	44,11	5,39
П-III	59,3	17,54	1,40	80,0	47,2	1,8

В результаті вимірювання прогинів та деформацій зсуву у сталезалізобетонних зразках, отриманий графік залежності прогину та зсуву СПН від навантаження (рис. 4).

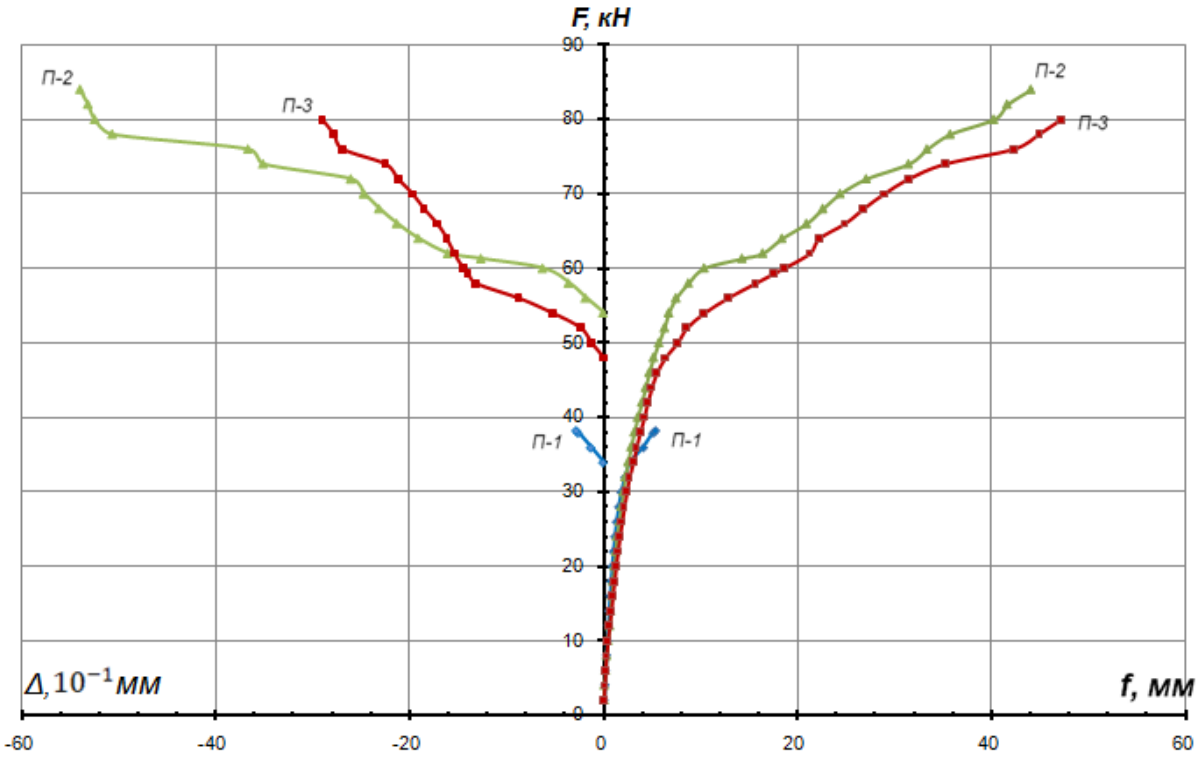


Рис. 4. **Графік залежності «*F-f*» та «*F-Δ*»**

На графіку залежності «*F-Δ*» (серія плит П-II) чітко видно, що загальне порушення зчеплення відбувається на 3 стадії, про що свідчать стрибки значень деформацій зсуву СПН та значень прогинів при відповідних навантаженнях. Руйнування плит серій П-II та П-III носить не раптовий, а поступовий характер (рис. 5). Після кінцевого відшарування СПН від залізобетонної плити можна спостерігати руйнуючі тріщини в прольоті плити та тріщини, що розвиваються вздовж робочого напрямку плити від торцевих граней плити (місця примикання стінки гофри до полиці СПН) до середини прольоту (рис. 6).



Рис. 5. **Характер деформування зразків плит із анкеруванням у прольоті**



Рис. 6. **Розвиток тріщин на верхній грані полиці плити**

Пропозиція щодо використання сталевого профільованого листа у прольотних сталезалізобетонних будовах обумовлена значним економічним ефектом, що досягають за рахунок зменшення висоти перерізу, відсутності опалубочних робіт та захистом розтягнутої зони плити від корозії. Економічний ефект від застосування даного конструктивного заходу визначають перевищенням кошторисної оцінки результатів над загальними витратами ресурсів за весь час зведення та експлуатації конструкції. Так, впровадження залізобетонних плит по сталевому профільованому настилу скорочують працевитрати на влаштування опалубки в 1,6–4,7 рази, терміни зведення споруд скорочуються, а продуктивність роботи збільшується [8].

Головним недоліком наведених вище конструкцій є підвищена трудомісткість процесу влаштування анкерів у прольоті плити та хаотичний характер стадійного відшарування СПН. Порушення сумісної роботи носить локальний характер і має значні відхилення значень руйнуючого навантаження після статистичного опрацювання.

Висновки. Результати експериментальних досліджень засвідчують, що несуча здатність плит із забезпеченням анкерування у прольоті в 1,6 разів вища за несучу здатність плит без забезпечення конструктивних заходів у прольоті, а значення руйнуючого навантаження перевищує максимальне навантаження плит серії П-І у 2,2 рази. Залізобетонні плити по сталевому профільованому настилу дають значну економію витрат будівництва, а анкеруючі заходи у прольоті СПН дають можливість забезпечити надійну сумісну роботу та віддалити момент передчасного руйнування.

Для широкого впровадження наведених вище конструкцій у будівництво мостів та прольотних будов, які знаходяться під постійним динамічним навантаженням, необхідно детально вивчати роботу запропонованих заходів анкерування, оскільки експериментальні випробування при статичному навантаженні можуть дати лише посилання до проектування та подальшого дослідження конструкцій в автодорожній галузі.

1. *Айрумян Э.Л.,* Исследование монолитной железобетонной плиты по профилированному стальному настилу при поперечном изгибе / *Э.Л. Айрумян, А.В. Боярский* // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – №10. С.30-31.
2. *Беляева С.Ю.* Прочность и деформативность железобетонных плит, армированных стальным профилированным настилом и поперечними анкерами: дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Беляева Светлана Юрьевна. – Алчевск, 2006. – 165с.
3. ГБН В.2.3-37641918-553:2013 Мости та труби. Сталезалізобетонні конструкції / Національний транспортний університет. – Офіц. вид. – На заміну ДБН В.2.3- 14:2006; Чинні від 2013-09-01. –К.:, Укравтодор, 2013. – 77с.
4. ДБН В.2.6-160:2010. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення / Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ДП НДІБК). – Офіц. вид; Чинні від 2011-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 81с.
5. *Замалиев Ф.С.* Прочность и деформативность сталежелезобетонных изгибаемых конструкций гражданских зданий при различных видах нагружения: дис... доктора. техн. наук : 05.23.01. – Казань, 2013. – 379с.
6. *Присяжнюк М.В.* Исследования напряженно-деформированного состояния многопустотных железобетонных плит, армированных стальным профилированным настилом // Дороги і мости: Зб. наук. праць. – К., 2007. – Вип. 7, Т. 1. – С. 133-136.
7. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом // ЦНИИПромзданий. – М.: Стройиздат, 1987. – 37с.
8. *Санников И.В.* Исследование монолитных железобетонных плит с листовой гофрированной арматурой: дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – К., 1982. – 153с.
9. *Стороженко Л.І.* Конструкції залізобетонних перекриттів по профільному настилу із забезпеченням сумісної роботи бетону і сталі за допомогою склеювання/ *Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко, О.Г. Горб* // Теорія і практика будівництва: Вісник Національного Університету "Львівська політехніка". – 2010. – №662. – С. 360–365.
10. *Стрелецкий Н.Н.* Сталежелезобетонные пролетные строения мостов. 2-е изд., перераб. и доп./ Стрелецкий Н.Н. – М.: Транспорт, 1981. – 360с.
11. *Шармаков Е.Л.* Характер деформирования анкерных соединений в сталежелезобетонных конструкциях перекрытия // Известия НУАСА. – 2014. – №1(39). – С. 91–94.
12. *Пат.* 6578343 США, МПК [7] E 04 C 2/32 Reinforced concrete deck structure for bridges and method making same / F. Dumler, R.L. Lawrence. (США) – № 992635; заявл. 12.11.2001; опубл. 17.06.2003, бюл. № 9. – 6 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014.

УДК 625.72

М.В.Коник

ІНФОРМАТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Розглядається автомобільна дорога та прилеглий придорожній простір як об'єднане дорожнє середовище. Дорожнє середовище представлене як певна інформаційна система. Наводиться методика мінімізації функціоналу інформативності з врахуванням щільності елементів дорожнього середовища, місця розташування автомобіля, моменту часу та швидкості руху.

Ключові слова: *автомобільна дорога, дорожнє середовище, інформаційна система, щільність елементів.*

М.В.Коник

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНОЙ СРЕДЫ

Рассматривается автомобильная дорога и прилегающее придорожное пространство как единая дорожная среда. Дорожная среда рассматривается как некая информационная система. Наводится методика минимизации функционала информативности с учетом плотности элементов дорожной среды, места расположения автомобиля, времени и скорости движения.

Ключевые слова*: автомобильная дорога, дорожная среда, информационная система, плотность элементов.*

M.Konyk

INFORMATION CONTENT OF ROAD'S ENVIRONMENT ELEMENTS

Road environment is an optical corridor along the entire length of the road, which includes the actual road and the adjacent roadside space that gets into the driver's peripheral field of vision. Elements of road environment are the information points that can be major and minor. The driver sees everything as a whole, focusing on the most important elements for the movement on this part of the road, so you need to solve the problem of minimizing the functional information content, taking into account the density of the elements of the road environment. Such optimization of the environment in the "driver - vehicle - road - environment" system is a part of solving the road safety problem.

The road and adjacent roadside space are considered as combined road environment. Road environment is presented as a kind of information system. The article gives the method of minimizing the functional information content, taking into account the density of the elements of the road environment, vehicle location, time and speed.

The density of the elements of the road environment as spatial variable along the length of architecture and landscape forms is the objective characteristic of road environment. The density of the elements as a variable can be corrected within the roadbed (the presence of an axial partitioning, boundary marking, fenced roadsides, etc.) and by the adjacent landscape elements (parameters that characterize buildings, vegetation, elements of engineering maintenance, etc.) It depends on the time and place of vehicle movement and can be defined by the above formula, solving the task of optimal traffic control environment as spatial system with given distributed parameters, described by a parabolic equation.

Key words*: motorway, road environment, information system, density of elements.*

Постановка проблеми. Дорожнє середовище – є оптичний коридор по всій довжині дороги, в межі якого входить власне дорога та прилеглий ландшафт, який попадає в перефірійне поле зору водія. Елементи дорожнього середовища є інформаційними точками, які можуть бути головними та другорядними. Водій сприймає все в цілому, акцентуючи увагу на найбільш важливих елементах для процесу руху на даній ділянці дороги, тому необхідно вирішувати задачу мінімізації функціоналу інформативності з врахуванням щільності елементів дорожнього середовища. Така оптимізація середовища в системі «водій – автомобіль – дорога - середовище» є складовою вирішення проблем безпеки руху.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз досліджень і публікацій по даній тематиці свідчить, що започатковані у 80-х роках дослідження по цій проблематиці[1, 7, 10, 5], поглиблювались та розширювались по мірі розуміння прямого впливу на водія дорожнього середовища і актуальності проблем безпеки руху[8, 9, 11].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Дорожнє середовище є інформаційною системою. Раціональна організація дорожнього середовища, тобто її оптимізація, полягає в визначенні кількості інформаційних елементів (x) на ділянці дороги (l), нормуванні їх параметрів і визначенні місць розташування по довжині архітектурно-ландшафтного басейну дороги. Методика рішення цієї задачі шляхом мінімізації функціоналу інформативності дорожнього середовища наведена в роботі[3]. Але на інформативність ділянки дороги довжиною $0 \le x \le l$ впливає не тільки кількість інформаційних елементів та їх

©М.В.Коник

параметрів, але і щільність концентрації інформаційних елементів $f(x,t)$, яка є нерівномірною і буде залежати від місця розташування (x) автомобіля по довжині ділянки дороги (фактично то є місце зони фіксації уваги водія), та моменту часу (t) руху автомобіля, що змінюється в інтервалі $0 \le t \le T$ при швидкості руху (v).

Мета дослідження. Метою дослідження є пошук взаємозв'язку кількості елементів дорожнього середовища та характеристики дорожнього середовища по довжині архітектурно – ландшафтного басейну.

Основний зміст і результати дослідження. З врахуванням щільності концентрації вираз функціоналу інформативності дорожнього середовища можна записати

$$I(u,f) = \int_0^l \left| V(x,T,u,f) - y(x) \right|^2 dx \tag{1}$$

де $V(x,t,u,f)$ є рішенням рівняння

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + f(x,t), \ (x,t) \in Q \tag{2}$$

при граничних та початкових умовах як в роботі [3]

$$\left.\frac{\partial v}{\partial x}\right|_{x=0} = 0, \ 0 < t \le T, \tag{3}$$

$$\left.\frac{\partial v}{\partial x}\right|_{x=l} = \nu(u(t) - v(l,t)), \ 0 < t \le T, \tag{4}$$

$$\left. v \right|_{t=0} = \varphi(x), , \ 0 \le x \le l, \tag{5}$$

де: a^2, l, ν, T - задані величини, що більше 0;

$$a \le u(t) \le b, \ 0 < t \le T, \tag{6}$$

де: a, b - відомі числа граничних значень.

Управління $f = f(x,t) \in L_2(Q)$ таке, що

$$\iint_Q \left| f(x,t) \right|^2 dxdt \le D^2 \tag{7}$$

$D>0$ - задане число.

Приростення функціоналу інформативності дорожнього середовища з врахуванням щільності концентрації інформаційних елементів (1) запишеться $\Delta I = I(u+\Delta u, f+\Delta f) - I(u,f)$, або у вигляді

$$\Delta I = \int_0^T a^2 v \psi(l,t,u,f) \Delta u(t) dt + \iint_Q \psi(x,t,u,f) \Delta f(x,t) dxdt + R, \tag{8}$$

де $R = \int_0^l \left| \Delta v(x,T) \right|^2 dx, \ \Delta v(x,t) = v(x,t,u+\Delta u, \ f+\Delta f) - v(x,t,u,f)$.

Для остаточного члена R рівняння (8) можна довести (опускається для скорочення), що є вірною оцінка

$$\left| R \right| \le C_1 \int_0^T \left| \Delta u(t) \right|^2 dt + C_2 \iint_Q \left| \Delta f(x,t) \right|^2 dxdt \tag{9}$$

де C_1, C_2 – постійні, що більше нуля і які не залежать від вибору $\Delta u, \Delta f$.

З оцінки (9) виходить, що перші дві складові в виразі (8) представляють собою головну лінійну частину приросту функціоналу інформативності дорожнього середовища. Якщо позначити пару функцій $(u(t), f(x,t)) = U$ та ввести скалярний добуток двох пар $U_1 = (u_1, f_1)$ та $U_2 = (u_2, f_2)$ наступним чином $< U_1, U_2 >_H = \int_0^T u_1(t) u_2(t) dt + \iint_Q f_1(x,t) f_2(x,t) dxdt$, то одержимо гільбертовий інформаційний простір пар $U = (u,f) \in L_2[0,T] \times L_2(Q) \equiv H$ з нормою $\left\| U \right\|_H = \left(\int_0^T \left| u(t) \right|^2 dt + \iint_Q \left| f(x,t) \right|^2 dxdt \right)^{\frac{1}{2}}$. Введемо позначення

$$I'(u,f)=\left\{a^2\nu\psi(l,t,u,f),\psi(x,t,u,f)\right\}\in H \tag{10}$$

Формула (10) є виразом градієнта функціоналу інформативності дорожнього середовища, причому перша компонента пари тут є аналогом похідної по перемінній (u) – кількості інформаційних елементів середовища, а друга компонента пари є аналогом похідної по перемінній (f) – щільності концентрації інформаційних елементів.

Тоді з врахуванням щільності концентрації формулу приросту функціоналу інформативності дорожнього середовища (8) можемо записати у вигляді $\Delta I=<I'(u,f),\ \Delta U>_H+O(\|\Delta U\|_H)$.

Зрозуміло, що прийняття рішення по оптимізації інформативності дорожнього середовища та побудові раціональної композиції по довжині архітектурно-ландшафтного басейну ділянки автомобільної дороги має бути тільки після попереднього обстеження існуючих дорожніх умов на ділянці.

Потрібно мати інформацію про кількість наявних інформаційних елементів в архітектурно-ландшафтному басейні автомобільної дороги.

Тобто вважаємо, що наближення $U_n=(u_n(t),f_n(x,t))$ нам відомо. Тоді $n+1$ наближення запишеться $U_{n+1}=(u_{n+1}(t),f_{n+1}(x,t))$. Як доведено в роботі [4], по методу проекції градієнта для $\bar{u}_{n+1}(t)$ запишемо

$$u_{R+1}(t)=\begin{cases}u_n(t)-\alpha_n a^2\nu\psi(l,t,u_n),\ \ якщо\ \ a\le u_n(t)-\alpha_n a^2\nu\psi(l,t,u_n)\le b,\\ a,\ \ якщо\ \ u_n(t)-\alpha_n a^2\nu\psi(l,t,u_n)<a,\\ b,\ \ якщо\ u_n(t)-\alpha_n a^2\nu\psi(l,t,u_n)>b.\end{cases} \tag{11}$$

А вираз для визначення щільності концентрації інформаційних елементів та методу проекції градієнта буде мати вигляд:

$$f_{n+1}(x,t)=\begin{cases}f_n(x,t)-\alpha_n\psi(x,t,u_n),\\ \quad якщо\ \iint\limits_Q\left|f_n(x,t)-\alpha_n\psi(x,t,u_n)\right|^2dxdt\le D^2,\\ \dfrac{D\left(f_n(x,t)-\alpha_n\psi(x,t,u_n)\right)}{\left(\iint\limits_Q\left|f_n(x,t)-\alpha_n\psi(x,t,u_n)\right|^2dxdt\right)^{\frac{1}{2}}},\\ якщо\ \iint\limits_Q\left|f_n(x,t)-\alpha_n\psi(x,t,u_n)\right|^2dxdt>D^2.\end{cases} \tag{12}$$

При заснуванні методу умовного градієнту [2], для визначення $\bar{U}_n=(\bar{u}_n(t),\bar{f}_n(x,t))$ в задачі, що розглядається запишемо

$$\begin{aligned}&\int\limits_0^T a^2\nu\psi(l,t,u_n)\bar{u}_n(t)dt+\iint\limits_Q\psi(x,t,u_n)\bar{f}_n(x,t)dxdt=\\ &=\min_{(u,f)\in V}\left(\int\limits_0^T a^2\nu\psi(l,t,u_n)u(t)dt+\iint\limits_Q\psi(x,t,u_n)f(x,t)dxdt\right)\end{aligned} \tag{13}$$

Тоді вираз для визначення $\bar{f}_n(x,t)$ буде мати вигляд

$$\bar{f}_n(x,t)=\frac{D\psi(x,t,U_n)}{\left(\iint\limits_Q\left|\psi(x,t,U_n)\right|^2dxdt\right)^{\frac{1}{2}}}. \tag{14}$$

В результаті теоретичних досліджень ітераційний процес зміни кількості елементів дорожнього середовища та щільності їх концентрації в часі руху та місці розташування по довжині ділянки дороги, запишеться у вигляді

$$u_{n+1}(t) = u_n(t) + \alpha_n\left(\overline{u}_n(t) - u_n(t)\right),$$
$$f_{n+1}(x,t) = f_n(x,t) + \alpha_n\left(\overline{f}_n(x,t) - f_n(x,t)\right),\ 0 \le \alpha_n \le 1. \qquad (15)$$

Значення α_n може бути знайдене одним із відомих способів для певних обмежень [6]. За методом умовного градієнта величина α_n знайдеться:

$$\alpha_n^* = \frac{\int_0^T a^2 \nu\psi(l,t,U_n)(u_n(t) - u_n(t))dt + \iint_Q \psi(x,t,U_n)(f_n(x,t) - \overline{f}_n(x,t))dxdt}{2\iint_Q \left|v(x,T,\overline{U}_n) - v(x,T,U_n)\right|^2 dx} \ge 0 \qquad (16)$$

тут $\psi(x,t,U_n)$ та $v(x,t,U)$ - рішення граничних задач [3], що відповідають вибраним $U = (u(t), f(x,t))$.

Висновки. Таким чином щільність елементів дорожнього середовища, як просторова перемінна по довжині архітектурно-ландшафтного басейну, є об'єктивною характеристикою дорожнього середовища. Щільність елементів, як величина перемінна, може коректуватись елементами в межах земляного полотна (наявність осьової розмітки, крайової розмітки, укріплених узбіч тощо) та елементами прилеглого ландшафту (параметри, що характеризують забудову, рослинність, елементи інженерного забезпечення тощо). Вона залежить від часу та місця руху автомобіля і може бути визначеною за наведеними формулами, при вирішенні задачі оптимального управління дорожнім середовищем, як просторової системи із заданими розподіленими параметрами, що описуються параболічними рівняннями.

1. Бегма И.В. Учет психофизиологии водителя при проектировании дорог. / И.В. Бегма, Э.В. Гаврилов, Я. А. Калужский. – М.: Транспорт, 1976. - 204с.
2. Гайдукевич В.А. Використання методу умовного градієнта в задачах оптимізації дорожнього середовища. / В.А. Гайдукевич. //Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1999 - Вип.58 - С. 127-132.
3. Гайдукевич В.А. До питання про оптимізацію дорожнього середовища. / В.А. Гайдукевич. // Вісник УТУ. – 1999 - С.75 - 78.
4. Гайдукевич В.А. Метод проекції градієнта в задачі оптимізації дорожнього середовища. / В.А. Гайдукевич. //Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2000 - Вип.59 - С.130-133.
5. Гайдукевич В.А. Экспериментальные исследования распределение внимания водителей. / В.А. Гайдукевич. //Автодорожник Украины. – 1983 - №4 – С.50 – 51.
6. Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. / О.А. Ладыженская. - М.: «Наука», 1973 - 82с.
7. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311с.
8. Романов А.Н. Автотранспортная психология. / А.Н. Романов. – М.: Изд-во «Академия», 2002. – 224с.
9. Селюков Д.Д. Видимость, режимы и безопасность движения. / Д.Д. Селюков //Вираж. – 1994 - №8 – С.18-19.
10. Селюков Д.Д. Рекомендации по оценке сложности движения на автомобильных дорогах. Деп. БЕЛНИИНТИ. / Д.Д. Селюков, В.В. Суходоев. – 1982 - № 379. - 21с.
11. Шахова Ю.А. Топологическое моделирование работоспособности водителя с позиций теории катастроф. / Ю.А. Шахова //Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009 - №4 – С.3-5.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2014.

©М.В.Коник

УДК 621.01

С.О.Кошель, Г.В.Кошель
Київський національний університет технологій та дизайну

КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ З ДЕКІЛЬКОМА ВЕДУЧИМИ ЛАНКАМИ

Зроблено кінематичний аналіз семиланкового механізму з ступенем вільності W=2, який відноситься до складного механізму третього класу третього порядку за допомогою метода умовної зупинки однієї з ведучих ланок. При дослідженні була застосована властивість механізмів вищих класів змінювати свій клас за рахунок умовної заміни ведучої ланки механізму веденою, що надходить до складу іншого можливого початкового механізму. Отримані результати дозволяють значно спростити кінематичне дослідження механізму третього класу, що впливає на підвищення точності розрахованих кінематичних параметрів.

Ключові слова*: группа Асура, механізм, кінематичний аналіз, кінематичні параметри, вектор швидкості*.
Рис 7. Форм 8. Літ 11

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ С НЕСКОЛЬКИМИ ВЕДУЩИМИ ЗВЕНЬЯМИ

Выполнен кинематический анализ семизвенного механизма со степенью свободы W = 2, который относится к сложному механизму третьего класса третьего порядка с помощью метода условной остановки одного из ведущих звеньев. При исследовании было использовано свойство механизмов высших классов изменять свой класс за счет условной замены ведущего звена механизма ведомым, которое входит в состав другого возможного начального механизма. Полученные результаты позволяют значительно упростить кинематическое исследование механизма третьего класса, что приводит к повышению точности полученных кинематических параметров.

Ключевые слова: *группа Ассура, механизм, кинематический анализ, кинематические параметры, вектор скорости*.

KINEMATIC STUDY OF MECHANISMS LINKS WITH SEVERAL LEADING

The aim is to determine the kinematic parameters of the basic points of the group -level Assyrians third class of third order , which comes into the mechanism dvokryvoshypnoho semylankovoho third grade .

The used method is known kinematic study of the mechanisms of structural groups Assyrians third class third-order rate theory of mechanisms and machines, in which the property is taken into account mechanisms of the upper classes by changing the class conditional change in the original mechanism.

Made semylankovoho kinematic analysis of the mechanism of degrees of freedom W = 2, which refers to the complex mechanism of the third class by using the conventional method of stopping one of the leading parts of the mechanism. In the study had taken into account the property of the upper classes of mechanisms to change their class by changing the conventional driving mechanism of the driving link coming of another possible entry mechanism. The established sequence of complex kinematic study dvokryvoshypnoho mechanism and kinematic parameters defined points of the basic units that structurally belongs to a group of Assyrians third class of third order. The results obtained make it easy kinematic study of the mechanism that affects improve the accuracy of the kinematic parameters.

Keywords*: Assur group, mechanism, kinematic analysis, kinematic parameters, the velocity vector.*

Вступ

Для удосконалення існуючого технологічного обладнання легкої промисловості та проектування нових машин виникає необхідність визначення основних кінематичних параметрів ланок механізмів, що утворюють такі машини. До таких кінематичних параметрів відносяться кутові швидкості та прискорення ланок механізму, лінійні швидкості та прискорення їх точок, закони руху ланок, особливо тих, що задають рух робочим органам технологічного обладнання, траєкторії певних точок робочих органів, тощо.

Виконання технологічного процесу вимагає від сучасних машин забезпечення руху робочих органів з наперед заданими траєкторіями та законами. Складність рухів робочих органів та значні швидкості головного валу машин викликають необхідність використання в структурних схемах механізмів машин шарнірних структурних груп зі значною кількістю ланок. Складність структурних схем трикотажних [4, 7], швейних [11], взуттєвих [10] та інших машин [3], в яких застосовані механізми вищих класів, призводить до певних ускладнень розрахунків, що виникають при кінематичному та подальшому динамічному дослідженнях. Пошук шляхів спрощення таких розрахунків дозволить дослідникам в галузі машинобудування оптимізувати процес аналізу, підвищити точність розрахунків та забезпечити надійність та довговічність технологічного обладнання.

©С.О.Кошель, Г.В.Кошель

Основний розділ

Метою роботи є кінематичне дослідження двокривошипного механізму третього класу третього порядку з урахуванням властивості механізмів вищих класів зменшувати клас в залежності від умовно обраного іншого можливого початкового механізму, що надходить до складу ведених структурних груп ланок механізму.

Розглянемо двокривошипний семиланковий механізм третього класу, кінематична схема якого наведена на рис. 1.

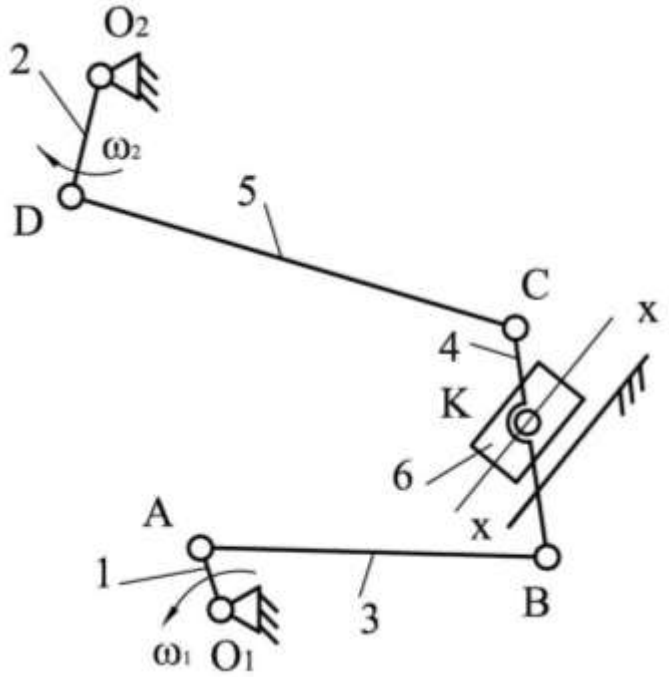


Рис. 1. **Кінематична схема семиланкового механізму третього класу третього порядку**

В механізмі використовуються два ведучих кривошипи, що мають різні кутові швидкості ω_1, ω_2 за величиною та напрямком. Рух веденої ланки 6 задається шатуном 4, що в свою чергу отримує рух від інших двох шатунів 3, 5. До складу механізму надходить шість рухомих ланок, які утворюють вісім кінематичних пар тому за класифікацією Артоболевського [1] механізм відноситься до складного механізму третього класу зі ступенем вільності W=2. Ведучими ланками є рухомі ланки *1, 2* двох початкових механізмів тому формула будови має вигляд наведений на рис. 2.



Рис. 2. **Формула будови**

Кінематичний аналіз такого механізму можна робити аналітично [5] або графоаналітично [1, 6, 8]. Зауважимо, що аналітичне кінематичне дослідження такого механізму виконують методом замкнених векторних контурів, який дозволяє скласти систему тригонометричних рівнянь, що диференціюють за узагальненою координатою. У нашому випадку досліджень кількість таких рівнянь буде подвійною: певна кількість рівнянь складається для умови руху однієї ведучої ланки, інші – для другої. Розв’язання систем кінематичних рівнянь є досить громіздким, якщо урахувати те, що до складу механізму надходить група Ассура третього класу, а процес їх вирішення є можливим за допомогою наближених математичних методів. Визначити напрямок векторів кінематичних параметрів з розв’язаних рівнянь додатково ускладнює розрахункову частину аналізу.

©С.О.Кошель, Г.В.Кошель

Графоаналітичний кінематичний аналіз двокривошипного механізму третього класу вимагає використання спеціальних способів дослідження, що дозволяють їх спростити. Відомі способи (спосіб обманних планів [2], спосіб особливих точок Ассура [1]) для механізмів третього та вище класів пов'язані зі значною додатковою кількістю графічних побудов але в порівнянні з аналітичним методом мають свої переваги: наочність та відносну простоту.

Для визначення кінематичних параметрів механізму з декількома ведучими ланками використовуємо метод умовної зупинки однієї ведучої ланки, що дозволяє з'ясувати вплив іншої ведучої ланки, що залишилась рухомою, на кінематичні параметри ведених ланок механізму. Потім за умовно нерухому ведучу ланку обираємо іншу і розрахунок повторюємо. Після того, як з'ясований вплив кожної з ведучих ланок механізму на кінематичні параметри вихідних ланок, розраховуємо їх абсолютні величини, як алгебраїчну або векторну суму окремо визначених параметрів, що викликані незалежним рухом кожної окремої ведучої ланки.

Вхідними параметрами для кінематичного дослідження двокривошиного механізму третього класу є кутові швидкості ланок *1,2* ($\omega_1, с^{-1}; \omega_2, с^{-1}$), та масштаб довжин кінематичної схеми механізму (*Kl*, м/мм), що наведена на рис. 1.

Побудову плану швидкостей починаємо у невизначеному довільному масштабі $\left(Kv(\omega_2 = 0), \frac{м/с}{мм}\right)$ при умові, що ведуча ланка *2* – нерухома (рис. 3).

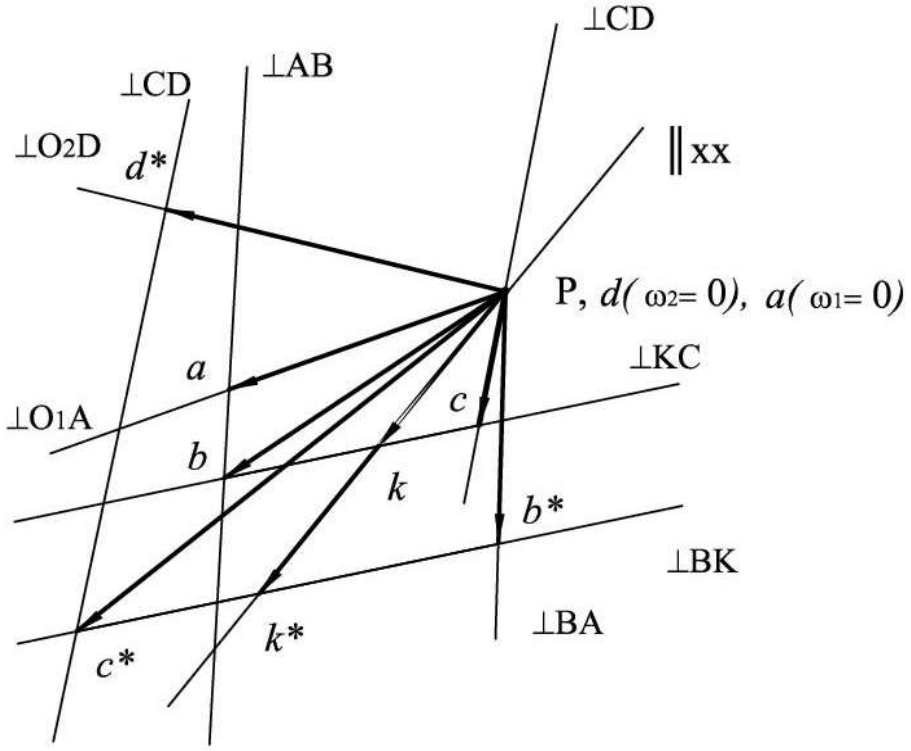


Рис. 3. **План швидкостей двокривошипного механізму третього класу**

Формула будови механізму наведена на рис. 4.

1 клас (ланки 0, 1) ⟶ 3 клас 3 порядок (ланки 3÷6)

Рис. 4. **Формула будови**

Використовуємо властивість механізму третього класу зменшувати клас, якщо умовно змінити початковий механізм в формулі будови механізму іншим можливим початковим механізмом [9]. Досліджуємо механізм в послідовності, яка обумовлена іншою умовно можливою ведучою ланкою 5. Якщо за початковий механізм обрати сукупність ланок *2, 5* – формула будови механізму наведена на рис. 5.

©С.О.Кошель, Г.В.Кошель

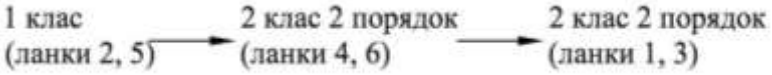


Рис. 5. **Формула будови**

На плані з полюса *P* відкладаємо вектор довільної довжини $\overline{Pc}$ за напрямком, що співпадає з перпендикуляром до ланки *DC* (напрямок кутової швидкості ω_5 обираємо довільно, наприклад, проти напрямку руху годинникової стрілки).

Складаємо систему векторних рівнянь для визначення швидкості точки *K*:

$$\begin{cases} \overline{V}_K = \overline{V}_C + \overline{V}_{K;C}; \\ \overline{V}_K \parallel xx. \end{cases} \quad (1)$$

Визначаємо вектор $\overline{Pk}$ на плані. За теоремою подібності та системою векторних рівнянь:

$$\begin{cases} \overline{V}_A = \overline{V}_B + \overline{V}_{A;B}; \\ \overline{V}_A = \overline{V}_{O_1} + \overline{V}_{A;O_1}, \end{cases} \quad (2)$$

Визначаємо, відповідно, вектори $\overline{Pb}$ та $\overline{Pa}$ на плані.

Отриману векторну побудову сприймаємо як план, що в векторній формі встановлює взаємозв'язок між лінійними швидкостями точок двокривошипного механізму при умовно зупиненому кривошипі *2*. Звертаємо увагу на те, що отриманий напрямок вектора $\overline{Pa}$ повинен відповідати заданому напрямку кутової швидкості ведучого кривошипу *1*. У разі невідповідності необхідно побудову повторити при умові відкладення вектора $\overline{Pc}$ іншої довжини або у протилежному напрямку (або іншої довжини та іншого напрямку).

Розраховуємо величину масштабу отриманого плану швидкостей:

$$Kv(\omega_2=0) = \frac{V_A}{Pa} = \frac{\omega_1 l_{O_1A}}{Pa} = \frac{\omega_1 (O_1A \cdot Kl)}{Pa}, \left[\frac{м/с}{мм}\right]. \quad (3)$$

Досліджуємо вплив руху кривошипу *2* на параметри ведених ланок механізму, для чого вважаємо кривошип *1* умовно нерухомим. Формула будови механізму повторює формулу наведену на рис. 4 при умові, що ведучою ланкою є кривошип *2*. Для випадку інших можливих початкових механізмів маємо формули будов, що наведені на рис. 6 та рис. 7.

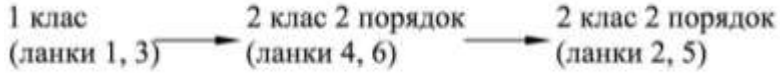


Рис. 6. **Формула будови**

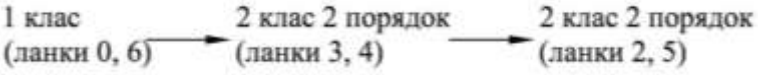


Рис. 7. **Формула будови**

Послідовність подальших дій обумовлена іншою умовно можливою ведучою ланкою *3*: на плані відкладаємо вектор довільної довжини $\overline{Pb}^*$ за напрямком, що збігається з перпендикуляром до ланки *AB* (кутову швидкість ω_3 за напрямком проти руху годинникової стрілки обираємо довільно).

Складаємо систему векторних рівнянь:

$$\begin{cases} \overline{V}_K = \overline{V}_B + \overline{V}_{K;B}; \\ \overline{V}_K \parallel xx; \\ \overline{V}_D = \overline{V}_C + \overline{V}_{D;C}; \\ \overline{V}_D = \overline{V}_{O_2} + \overline{V}_{D;O_2}, \end{cases} \quad (4)$$

яка дозволяє з урахуванням теореми подібності визначити вектори $\overline{Pk}^*$, $\overline{Pc}^*$, $\overline{Pd}^*$ на плані

швидкостей. Довжини та напрямки отриманих векторів взаємопов'язані між собою та є наслідком руху ведучого кривошипу *2*. За напрямком заданої кутової швидкості ω_2 перевіряємо достовірність напрямку отриманого вектору $\overline{Pd}^*$. Розраховуємо величину масштабу плану швидкостей для випадку умовно нерухомого кривошипу *1*:

$$Kv_{(\omega_1=0)} = \frac{V_{D^*}}{Pd^*} = \frac{\omega_2 l_{O_2D}}{Pd^*} = \frac{\omega_2 (O_2D \cdot Kl)}{Pd^*}, \left[\frac{м/с}{мм}\right]. \quad (5)$$

Модуль абсолютної швидкості V_K вихідної ланки *6* двокривошипного механізму визначаємо як алгебраїчну суму модулів векторів $\overline{V}_{K(\omega_1=0)}$ та $\overline{V}_{K(\omega_2=0)}$ (напрямок векторів спрямований вздовж однієї лінії):

$$V_K = V_{K(\omega_1=0)} + V_{K(\omega_2=0)} = Pk^* \cdot Kv_{(\omega_1=0)} + Pk \cdot Kv_{(\omega_2=0)}, [м/с], \quad (6)$$

де $V_{K(\omega_1=0)}$, $V_{K(\omega_2=0)}$ - модуль вектора швидкості т. *K* для випадків коли, відповідно, ω_1=0, ω_2=0.

Для визначення абсолютних швидкостей інших точок базисної ланки групи Ассура третього класу використовуємо правило векторного складання відповідних векторів швидкостей:

$$\overline{V}_C = \overline{V}_{C(\omega_1=0)} + \overline{V}_{C(\omega_2=0)} = \overline{Pc}^* \cdot Kv_{(\omega_1=0)} + \overline{Pc} \cdot Kv_{(\omega_2=0)}, [м/с]; \quad (7)$$

$$\overline{V}_B = \overline{V}_{B(\omega_1=0)} + \overline{V}_{B(\omega_2=0)} = \overline{Pb}^* \cdot Kv_{(\omega_1=0)} + \overline{Pb} \cdot Kv_{(\omega_2=0)}, [м/с], \quad (8)$$

де $\overline{V}_{C(\omega_1=0)}$, $\overline{V}_{B(\omega_1=0)}$, $\overline{V}_{C(\omega_2=0)}$, $\overline{V}_{B(\omega_2=0)}$ - вектори швидкостей точок *C*, *B* ланки *4* для випадків коли, відповідно, ω_1=0 та ω_2=0.

Висновки

Виконано кінематичне дослідження (визначені швидкості точок складної ланки) семиланкового механізму, який є механізмом третього класу третього порядку з двома ведучими кривошипами за допомогою методів умовної зупинки ведучої ланки та умовної зміни початкового механізму. Отримані результати дозволяють підвищити точність розрахованих кінематичних параметрів для механізмів третього та вище класів.

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М.: Наука., 1988 – 640 с.
2. Баранов Г.Г. Курс теории механизмов и машин / Баранов Г.Г. – М.: Машиностроение, 1975 – 494 с.
3. Вульфсон И.И. Механика машин / И.И. Вульфсон, М.Л. Ерихов, М.З. Козловский и др. – М.: Высш. шк., 1996 – 511 с.
4. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин / В.Н. Гарбарук – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
5. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин / В.А. Зиновьев - М.: Наука., 1972 – 384 с.
6. Зубащенко Г.П., Корченко О.Г., Алейнікова Н.В. Спосіб кінематичного аналізу механізму III класу. – Патент UA №65203 U, МПК F 16 H 21/00/ Бюл. №22, 2011.
7. Каценеленбоген А.М. Машины и технология основовязального производства / А.М. Каценеленбоген – М.: Легкая индустрия, 1966.
8. Колчин Н.И. Теория механизмов и машин / Н.И. Колчин, М.С. Мовнин – Л.: Судпромгиз, 1963 – 616 с.
9. Кошель С.О., Кошель Г.В. Структурний аналіз плоских механізмів третього класу // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2013 – №2. - С. 26-34. 5
10. Сторожев В. В. Машины и аппараты легкой промышленности / В. В. Сторожев – М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 400 с.
11. Сункуев Б.С. Расчет и конструирование исполнительных механизмов машин: Учебное пособие для студентов вузов по специальности "Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуживания". – Витебск: ВГТУ, 2003.-115 с.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014.

©С.О.Кошель, Г.В.Кошель

УДК 629.113.5.62-592

К.О.Кравченко
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Розглядається питання стабілізації температури фрикційного контакту «гальмівна колодка – диск». Наводяться наслідки підвищення температури взаємодіючих поверхонь. Пропонуються конструкційні рішення та способи по охолодженню фрикційних елементів гальм. Розглядається конструкція гальмової колодки з елементами, які утворюють активне газоподібне середовище при підвищенні температури в контакті. Приводиться оцінка ефективності подачі стисненого повітря в контакт пар тертя.

Ключові слова: *охолодження контакту, гальмівна колодка, диск, порофори*
Рис 5. Літ 9.

Е.А.Кравченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассматривается вопрос стабилизации температуры фрикционного контакта «тормозная колодка - диск». Приводятся последствия повышения температуры взаимодействующих поверхностей. Предлагаются конструкционные решения и способы по охлаждению фрикционных элементов тормозов. Рассматривается конструкция тормозной колодки с элементами образующими активную газообразную среду при повышении температуры в контакте. Приводится оценка эффективности подачи сжатого воздуха в контакт пар трения.

Ключевые слова: *охлаждение контакта, тормозная колодка, диск, порофоры.*

K.Kravchenko

IDENTIFY WAYS TO IMPROVE THE COOLING EFFICIENCY OF BRAKES VEHICLES

The question of the temperature stabilization of frictional contact "brake pads - disc." Effects of temperature increases are interacting surfaces. Offers design solutions and methods for cooling the brakes friction elements. Consider making a brake shoe elements forming an active gaseous medium at elevated temperatures in contact. The evaluation of the efficiency of the compressed air in contact friction pairs.

Keywords: *contact cooling, brake shoes, disc, blowing agents.*

Вступ. Гальмівна система призначена для керованої зміни швидкості транспортного засобу, його зупинки, а також утримання на місці тривалий час за рахунок використання гальмівної сили між колесом і опорною поверхнею. При гальмуванні, внаслідок сил тертя , контакт колодки з диском нагрівається і досягає високих температур. Підвищення температури дисків призводить до аксіального перекосу (екрануванню) диска, а температурна деформації в близько реберної області обов'язково викликає хвилястість або горбистість поверхні тертя диска, тим самим збільшуючи тиск на фрикційні накладки і створюючи локальні температурні плями на поверхні тертя диска. Це приводить до зміни, в гіршу сторону, як фрикційних властивостей, так і міцнісного зв'язку із структурними змінами в матеріалах. При тривалому впливі високої температури можливі появи термічних тріщин з виходом їх на зовнішню грань. У таких умовах тертя відбувається швидкий тепловий знос фрикційних поверхонь. У зв'язку з цим, при проектуванні і експлуатації транспортних засобів актуальним питанням є охолодження фрикційних елементів поверхонь тертя.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В даний час для охолодження пар тертя існує велика різноманітність конструкцій гальмівних елементів. До найбільш поширених відноситься вентильований диск, який складається з двох тонких дисків, об'єднаних середнім шаром, так званих «каналів» або « ходів». Завдяки цим каналам, повітря від маточини, рухається по каналах, ефективно охолоджуючи диск (рис. 1, а). При такому охолодженні зростає

©К.О.Кравченко

ефективність гальм, навіть при інтенсивних навантаженнях. Гальмівний шлях автомобіля з вентильованими гальмівними дисками, зменшується на 15 %. При використанні вентильованих гальмівних дисків колодки транспортного засобу служать довше (до 20 %) [1].



а) б) в)

Рис. 1. **Схема роботи вентильованого гальмівного диска**

В автомобілебудуванні відомо технічне рішення, яке представлене на рис 1, б [2]. По додатково встановлених трубах, які є частиною переднього бампера та з'єднані з карбоновими напрямними, передається потік повітря для постійного охолодження гальмівних дисків.

У патенті № 2165040RU [3] пропонується на роторі гальмівного диска поперечні охолоджуючі вентиляційні ребра виконувати з опорними радіальними виступами і розташовувати вентиляційні ребра не радіально, як у загальних випадках, а по дотичній до зовнішньої утворюючої маточини ротора (рис. 1, в). Завдяки новому розташуванню і формі поперечних охолоджуючих вентиляційних ребер з'являється нова властивість, яка збільшує (приблизно на 40 %) їх контактуючих охолоджуючим повітрям поверхонь. Це дозволяє більш інтенсивно охолоджувати гальмівний диск при роботі.

Автори патенту № 2454576 [4] пропонують гальмівні колодки виконувати з поздовжніми канавками (рис. 2). При цьому повітря, що захоплюється обертовим диском, проходить через поздовжні поглиблення на робочій поверхні фрикційної накладки, створюючи турбулентні повітряні потоки (рис. 2). Тепловий потік від фрикційної накладки передається повітряним потокам, які відповідно нагріваються і відносять нагріте повітря в навколишнє середовище, охолоджуючи при цьому фрикційну накладку, а також гальмівний диск.

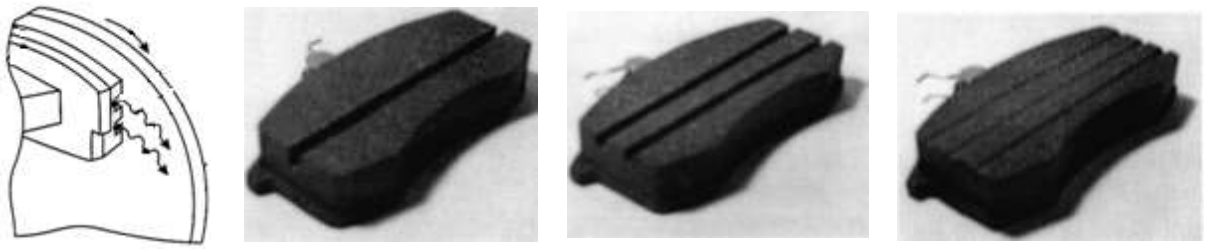


Рис. 2. **Гальмівна колодка з поздовжніми канавками [4]**

Для підвищення енергорозсіюючої здатності гальм транспортних засобів фірма Delphi [5] пропонує використовувати в колісному гальмі два плаваючих в осьовому напрямку гальмівних диска з нерухомою скобою. Таке рішення дозволяє розширити можливості щодо підвищення гальмівного моменту, залишаючись в рамках допустимого температурного діапазону. Маючи чотири поверхні охолодження, дана конструкція зменшує теплову напруженість деталей механізму. Також пропонується використання карбонокерамічних гальмівних дисків, які витримують високі температури нагрівання і не знижують вихідні характеристики гальмівного механізму.

Метою статті є розробка рекомендацій та конструктивних рішень по підвищенню ефективності експлуатації фрикційних гальмівних елементів**.**

Матеріали і результати досліджень. При гальмуванні, внаслідок сил тертя, місце контакту колеса з гальмівними колодками нагрівається. Збільшення температури в контакті призводить до зміни фізико-механічних властивостей фрикційної пари «гальмівна колодка – диск» [6]. При цьому відбувається деформація металу або його швидкий знос. Внаслідок малої площі фактичного контакту, недостатнього тепловідведення із зони тертя і температурних спалахів відбувається виникнення на поверхні тертя гальмівних колодок підвищених середніх температур, ніж на диску, при яких додатково знижується міцність матеріалу колодки, і метал піддається інтенсивним пластичним деформаціям. У таких умовах тертя відбувається швидкий тепловий знос поверхонь диска і гальмівної колодки. При цьому швидкість зносу визначається виникненням і розвитком високої температури в зоні тертя [7]. Проблема ресурсозбереження гальм, якими обладнані автомобілі багатопланова. Вона потребує рішення техніко-економічних, технологічних, металознавчих, трибологічних знань, пов'язаних з вибором зносостійких матеріалів для робочої поверхні колодки.

Для охолодження трибопари пропонується в конструкції колодки використовувати вставки з порофорів, які при підвищенні температури утворюють активне газоподібне середовище.

В даному випадку при гальмуванні транспортного засобу колодки притискаються до диску. Температура в трибопарі підвищується. Під дією температури в колодці починається процес термічного розкладання елементів колодки порофорів, що приводе до виділення з великою швидкістю значної кількості газових продуктів [8]. Одним з основних продуктів розкладу є газ – азот, який взаємодіє з тонкими поверхневими шарами фрикційних вузлів. Це позитивно впливає на фрикційні властивості пари тертя – підвищує коефіцієнт зчеплення, різко зміцнює і стабілізує поверхню матеріалів, тим самим підвищуючи їх довговічність та зносостійкість.

Чавунні мікрочастки, що утворюються в процесі зносу, в зоні тертя гальмівної колодки і диску є відносно великими, що також призводить до збільшення інтенсивності зносу в зоні контакту «гальмівна колодка – диск», а їх переміщення в зоні тертя в процесі руху знижує коефіцієнт тертя гальмової колодки об поверхню диску. Це впливає на зменшення ефективності механічного гальмування і збільшення гальмівного шляху, що знижує безпеку руху.

Усунення твердих мікрочасток в контакті та підвищення ресурсозбереження при використанні гальмової системи пропонується гальмівну колодку виконувати з отворами й примусово під тиском подавати в момент гальмування охолоджувальне повітря (рис. 3). Це сприятиме охолодженню контакту «гальмівна колодка – диск» та віднесенню по жолобоподібним каналам 1 (рис. 3) продуктів фрикційного зносу у навколишнє середовище.

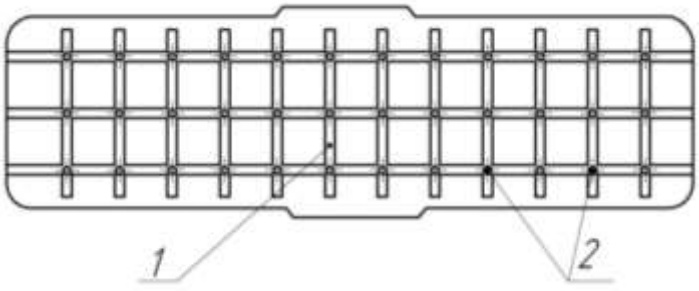


Рис. 3. **Гальмівна колодка з отворами для охолодження**

При гальмуванні температура гальмівної колодки змінюється від T_1 до T_2 в залежності від часу t. Результати експериментів показали, що при відсутності охолодження контакту залежність температури T від часу t має лінійний зростаючий характер. При подачі в отвори 2 гальмівної колодки стисненого повітря змінюється крива залежності температури T гальмівної колодки від часу t натиснення гальмівних колодок. Збільшення діаметрів d отворів 2 до деякої величини призводить до зменшення температури T в контакті.

При подачі стисненого повітря між гальмівною колодкою та диском виникає сила протитиску Q. Необхідно, щоб сила протитиску Q не погіршувала гальмівні характеристики

транспортного засобу. Для цього необхідно регулювати діаметри *d* та глибину *h* отворів 2 (рис. 4). Проведені дослідження (рис. 4) показують, що при глибині $h>0,5$ *мм* отворів 2 не залежно від діаметру *d* величина *Q* набагато менша сили натиснення колодок та, відповідно, не впливає на гальмівні характеристики транспортного засобу. Відповідно доцільно отвори виконувати від *2 мм* до *8 мм*, подальше підвищення діаметру отворів 1 не впливатиме на температурні характеристики гальмівної колодки.

Вираз величини зносу ΔH гальмівної колодки по товщині за час $t_г$ до повної зупинки, визначається по формулі [7, 9]:

$$\Delta H = \frac{4}{3}\frac{a_к^2 B_г^2 \Delta h \upsilon_o^2 t_г}{A^2(\chi F_к)^2(\Delta\tau_{max}-\Delta\tau_{пер})^2 \pi\lambda\gamma c}, \qquad (1)$$

де $a_к$ – коефіцієнт розподілу теплового потоку, показує яка частина тепла, що виникає при терті, поступила в колодку; $B_г$ – гальмівна сила; Δh – середня руйнована висота виступів фактичного контакту; υ_o – початкова швидкість гальмування; A – механічний еквівалент теплової роботи; χ – коефіцієнт фактичної площі контакту; $F_к$ – геометрична площа контакту колодки і диску; $\Delta\tau_{max}$ – підвищення температури та значення, при якому відбувається руйнування виступів шорсткості (залежить від матеріалу колодки і є константою); $\Delta\tau_{ср}$ – середня температура підвищення робочої поверхні тертя колодки; γ – питома вага колеса, що нагрівається; c – питома теплоємність.

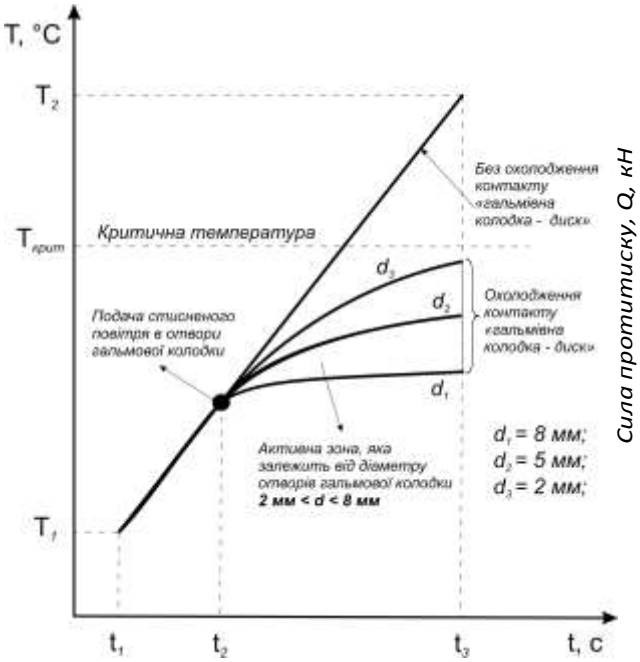


Рис. 4. **Залежність температури гальмівної колодки від часу натиснення колодок**

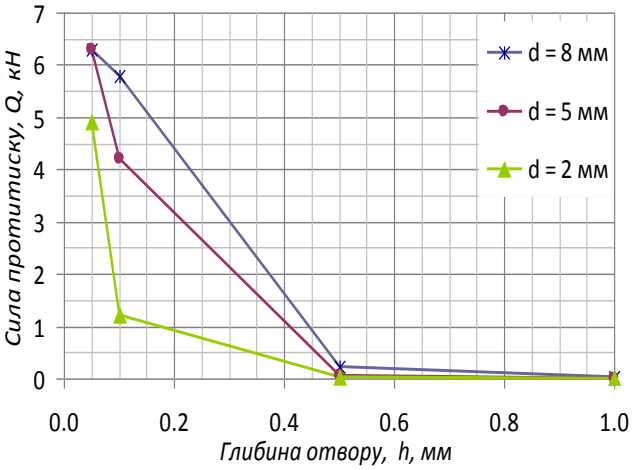


Рис. 5. **Залежність сили протитиску *Q* від глибини *h* отворів гальмової колодки**

З формули (1) видно, наявність отворів 2 та канавок 1 сприяє ефективному видаленню третього тіла (чавунних мікрочасток зносу) із зони тертя, що дозволяє зменшити середню руйновану висоту виступів фактичного контакту Δh в процесі гальмування, тим самим зменшується інтенсивність зносу колодки і збільшується її коефіцієнт тертя, що підвищує ефективність гальмування.

Середнє підвищення температури робочої поверхні тертя колодок можна визначити по наступній формулі [9]:

$$\Delta\tau = \frac{1}{t_г}\int_0^{t_г} \Delta\tau_n dt,$$

де $\Delta\tau_n$ – надлишкова температура поверхні, на якій виділяється тепло.

Зміна температури $\partial(\Delta\tau_n)$ до моменту часу t викликається кількістю тепла $q(t)dt$, що виділяється на одиниці поверхні:

$$\partial(\Delta\tau_n) = \frac{q(t)}{\sqrt{\pi\lambda\gamma c}\sqrt{t_1 - t}} dt.$$

З врахуванням віддачі тепла з поверхні тертя в довкілля маємо:

$$q(t) = q_a\left(1 - \frac{t}{t_в}\right) - \alpha\Delta\tau_n,$$

де q_a – кількість тепла, що виділяється на одиниці поверхні в одиницю часу (щільність теплового потоку) на початку процесу підвищення температури;

α – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні тертя в довкілля.

Коефіцієнт тепловіддачі з нагрітої поверхні в довкілля визначається як сума коефіцієнтів теплопереходу конвекцією $\alpha_к$ і випромінюванням $\alpha_в$:

$$\alpha = \alpha_к + \alpha_в.$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням $\alpha_в$ залежить від приведеної міри тону колірної гамми (темною, світлою) випромінюючої поверхні колодки, абсолютної температури колодки і довколишньої температури середовища. У модифікованій конструкції колодки коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням $\alpha_в$ не розглядається, оскільки не значимо впливає на знос колодки, тому що організовується слабке відведення тепла із зони тертя поверхні диску і колодки в довкілля.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією $\alpha_к$ обчислюється залежно від критеріїв Рейнольдса Re і Прандля Pr [7].

Наявність канавок 1 в пропонованій конструкції колодок зменшує інтенсивність їх зносу ΔH, особливо при великих швидкостях руху, шляхом стабілізації температурного режиму за рахунок підвищення ефективності відведення тепла із зони тертя в довкілля. В процесі гальмування холодне повітря $\alpha_к$, що нагнітається під колодку, нагрівається і ефективно виходить в довкілля. Внаслідок цього відбувається збільшення $\alpha_к$, що зменшує середню температуру тертя робочої поверхні колодки $\Delta\tau_{пер}$, тим самим збільшується час для досягнення максимальної температури $\Delta\tau_{max}$, при якій відбувається руйнування виступів фактичного контакту, згідно формулі (1). У типовій колодці при збільшенні початкової швидкості гальмування інтенсивність її нагріву зростає.

Висновки. Застосування запропонованих способів дозволить:

- ✓ охолоджувати зону контакту «гальмівна колодка – диск», за допомогою подачі стисненого, охолодженого повітря у отвори гальмової колодки або утворювання в зоні контакту активного газоподібного середовища;
- ✓ підвищити ефективність гальмування і зменшити інтенсивність зносу гальмівних колодок за рахунок своєчасного видалення продуктів фрикційного зносу із зони контакту гальмівної колодки і поверхні катання колеса та стабілізувати температурний режим роботи гальмівної колодки;
- ✓ підвищити рівень безпеки руху транспортних засобів, за рахунок збільшення надійності гальмування.

1. Вентилируемые тормозные диски. Режим доступа: http://avto-blogger.ru/chto-takoe-v-avtomobile/ventiliruemye-tormoznye-diski.html
2. Охлаждение тормозов. Режим доступу: http://avmundial.ru/tyuning/599-ohlazhdenie-tormozov.html
3. Патент на изобретение № 2165040, кл. F16D65/847. Тормозной диск / Вейтцель О.О./ - заявл. 24.01.2000; опубл. 10.04.2001.
4. Патент на изобретение № 2454576, кл. F16D65/092. Колодка дискового тормоза автомобиля / Симагаева З.Д./ - заявл. 24.01.2008; опубл. 27.07.2009.
5. Волков В.П. Ретроспективный анализ развития конструкции тормозных механизмов легковых автомобилей / В.П. Волков, Н.В. Дюкарев, Ю.В. Волков // Вестник ХНАДУ. Вип. 41., 2008. – С. 59-61.
6. Горбунов М.І. Технічні рішення по стабілізації температури фрикційних елементів гальм / М.І. Горбунов, К.О. Кравченко, О.С. Ноженко, О.В. Просвірова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля:– Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2013 – № 4(193) – С. 68 – 72.
7. Казаринов В.М. Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов / В.М. Казаринов, В.Г. Иноземцев, В.Ф. Ясенцев – Москва: Транспорт, 1968 – 400 с.
8. Митрофанов А.П. Повышение эффективности шлифования путём импрегнирования абразивного инструмента веществами из класса порофоров // А.П. Митрофанов. – Волгоград: 2012. – 16 с.
9. Патент на полезную модель №95620, кл. B61H7/02. Износоустойчивая тормозная колодка с повышенным коэффициентом трения для скоростного движения // О.В. Мельниченко, Е.В. Чупраков, С.А. Горбаток/ опубл. 10.07.2010.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2014.

УДК 629.113.004

О.П.Кравченко, Є.А.Верітельник
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ПРОСТОЮ АВТОМОБІЛІВ В РЕМОНТІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ВАНТАЖНИХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Запропонована методика визначення кількості запасних частин на складі для мінімізації простою автомобілів в ремонті в очікуванні відсутньої деталі в умовах обмеженості фінансових ресурсів. Розроблена програма для визначення необхідної кількості і номенклатури деталей для проведення планових робіт по технічному обслуговуванню.

Ключові слова: *ефективність, простой, склад, запасні частини*
Рис. 1. Табл. 2. Форм 5. Літ 8.

А.П.Кравченко, Е.А.Верительник

СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ АВТОМОБИЛЕЙ В РЕМОНТЕ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СКЛАДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.

Предложена методика определения количества запасных частей на складе для минимизации простоя автомобилей в ремонте в ожидании отсутствующей детали в условиях ограниченности финансовых ресурсов. Разработана программа для определения требуемого количества и номенклатуры деталей для проведения плановых работ по техническому обслуживанию.

Ключевые слова: *эффективность, простой, склад, запасные части*

A.Kravchenko, E.Veritelnik.

REDUCING OF CAR REPAIR´S DOWNTIME BY OPTIMIZING OF SPARE PARTS WAREHOUSE FOR FREIGHT TRANSPORT COMPANIES.

The method of determining the amount of spare parts in the conditions of narrow-mindedness of financial resources on warehouse for minimization of outage of cars under repair in expectant of absent detail is offered. The program for determining the required amount and nomenclature of details for the leadthrough of the planned works on technical service is developed.

Keywords: *efficiency, outage, warehouse, spare parts*

Постановка завдання. При інтенсивному використанні рухомого складу в умовах динамічного розвитку ринкової ситуації підтримка вантажних автомобілів в робочому стані є основним завданням, що стоїть перед автотранспорною галузю. Для забезпечення ефективної роботи вантажного автотранспортного підприємства і підтримки його рухомого складу в працездатному стані на підприємстві має бути фонд запасних частин, розмір і номенклатура якого мають велику роль в забезпеченні безперебійності роботи і в собівартості перевезень. Рішення цієї задачі пов'язане з прогнозуванням і плануванням потреби в запасних частинах з метою підвищення ефективності експлуатації автомобілів [1, 2].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Визначення фонду запасних частин на підприємствах автотранспорту є актуальним завданням і пропонується багато методик розрахунку, заснованих як на середньому ресурсі деталей [3], так і на обліку різних експлуатаційних чинників, таких як дорожні умови, міру використання автомобілів з причепами, співвідношення в структурі парку між новими автомобілями, й тими, що пройшли капітальний ремонт, збільшення довговічності автомобілів, культуру експлуатації парку, природно-кліматичні умови, в яких експлуатується автопарк та ін. [4, 5, 6]. Проте при формуванні складу запасних частин також необхідно враховувати планові витрати на деталі, необхідні для проведення технічного обслуговування і планових замін, такі як гальмівні колодки, акумулятори, шини та ін. Звідси витікає, що методика повинна враховувати обмеженість фінансових ресурсів доступних на підприємстві для підтримки складу запасних частин і ефективно розподіляти ці ресурси на планові ремонти і резерв запасних частин для позапланових замін, принцип визначення, номенклатура і кількість яких принципово відрізняється.

©О.П.Кравченко, Є.А.Верітельник

Мета статті. Забезпечення мінімізації часу знаходження автомобіля в ремонті шляхом визначення оптимального розміру складу запасних частин з урахуванням обмеженості фінансових ресурсів підприємства.

Матеріали і результати дослідження. Одним з параметрів, що визначають ефективність роботи підприємства, є сумарний час простою автотранспорту в ремонті впродовж даного періоду часу експлуатації T. Цей час простою визначається як сума часу проведення ремонтних робіт і часу доставки необхідної деталі, якщо вона відсутня на складі. Оскільки час доставки не залежить від підприємства, то зменшити час простою можна, тільки якщо необхідна деталь вже є на складі підприємства. Тому завдання скорочення часу простою зводиться до визначення кількості деталей i-го типу, які необхідно зберігати на складі впродовж часу T.

Позначимо через c_i, $i=1,2,...,n$ вартість однієї деталі i-го типу, а через m_i - кількість деталей i-го типу, які необхідно зберігати на складі. І нехай, крім того, C - об'єм коштів, які підприємство може витратити на закупівлю деталей для збереження на складі. Але величини m_i не можуть бути вибрані довільно через обмеженість фінансового ресурсу. Тоді в цих умовах це обмеження має вид:

$$\sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le C. \qquad (1)$$

Отже, час простою буде найменшим, якщо кожен запит на наявність деталі i-го типу (відмова деталі i-го типу) задовольняється існуючим запасом m_i, $i=1,2,...,n$ деталей на складі. Навіть якщо ресурс C настільки великий, що підприємство може дозволити собі тримати на складі досить великий запас деталей, не виключена вірогідність того, що черговий запит не буде задоволений. Тому завдання мінімізації часу простою треба ставити як завдання мінімізації вірогідності того, що кількість запитів перевершить кількість m_i, $i=1,2,...,n$ деталей, що зберігаються на складі.

Нехай k_i - кількість відмов деталі i-го типу за час T і $A_i=\{k_i \ge m_i\}$. Припускаючи відмови деталей різного типу незалежними, шукану вірогідність запишемо як $\mathbf{P}(\bigcup_{i=1}^{n} A_i)=1-\prod_{i=1}^{n}\mathbf{P}(\bar{A}_i)$, де $\bar{A}_i$ – подія протилежна до A_i.

Розглянемо спочатку завдання мінімізації часу простою для одиничного автомобіля. Оскільки автомобілі працюють незалежно, та умову (1) для одного автомобіля можна записати як

$$\sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le \frac{C}{N},$$

де N – кількість автомобілів.

Тоді завдання мінімізації часу простою для одиничного автомобіля можна сформулювати як цілочисельне завдання на умовний екстремум

$$\begin{cases} \mathbf{P}(\bigcup_{i=1}^{n} A_i)=1-\prod_{i=1}^{n}\mathbf{P}(\bar{A}_i)\to \min; \\ \sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le \frac{C}{N}. \end{cases} \qquad (2)$$

Для визначення вірогідностей $\mathbf{P}(\bar{A}_i)$, що входять до (2) визначено, що потік відмов деталі i-го типу за час T являється пуасоновським з інтенсивністю λ_i, $i=1,2,...,n$. Тоді

$$\mathbf{P}(\bar{A}_i) = e^{-\lambda_i T} \sum_{s=1}^{m_i} \frac{(\lambda_i T)^s}{s!}.$$

Звідси отримуємо, що

$$\mathbf{P}(\bigcup_{i=1}^{n} A_i) = 1 - \exp\left(T \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \right) \prod_{i=1}^{n} \sum_{s=1}^{m_i} \frac{(\lambda_i T)^s}{s!},$$

і, значить, завдання (2) може бути записане у виді

$$\begin{cases} 1 - \exp\left(T \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \right) \prod_{i=1}^{n} \sum_{s=1}^{m_i} \frac{(\lambda_i T)^s}{s!} \to \min; \\ \sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le \frac{C}{N}. \end{cases} \tag{3}$$

Це завдання може бути вирішене, наприклад, методом повного перебору. Нехай m_i^*, $i = 1,2,...,n$ – знайдені значення кількості деталей i-го типу. Тоді на складі необхідно зберігати запас в об'ємі Nm_i^*, $i = 1,2,...,n$ деталей i-го типу.

Оскільки на попередньому розрахунковому періоді T на складі могли залишитися незатребуваними деякі деталі в кількості a_i, $i = 1,2,...,n$, то завдання необхідно розглядати як завдання «докупівлі» необхідної кількості m_i, $i = 1,2,...,n$ деталей i-го типу. Тоді необхідно розглядати події $A_i = \{k_i \ge a_i + m_i\}$ і, значить, завдання (3) можна переформулювати в наступному виді:

$$\begin{cases} 1 - \exp\left(T \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \right) \prod_{i=1}^{n} \sum_{s=1}^{a_i + m_i} \frac{(\lambda_i T)^s}{s!} \to \min; \\ \sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le \frac{C}{N}. \end{cases} \tag{4}$$

Як показує аналіз часу доставки комплектуючих на підприємство з моменту замовлення, деякі типи деталей недоцільно зберігати на складі, оскільки час їх доставки або зовсім не впливає на час ремонтних робіт, або цей вплив є настільки несуттєвим, що їм можна нехтувати. Тому необхідно зарезервувати деяку частину C^* коштів C для закупівлі деталей такого типу і, значить, в завданні (4) обмеження $\sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le \frac{C}{N}$ має бути записане як:

$$\sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le \frac{C - C^*}{N}. \tag{5}$$

Визначення величин λ_i, $i = 1,2,...,n$ і C^* що входять в (4) відноситься до статистичного аналізу даних, властивих цьому рухомому складу.

Планування витрати деталей і матеріалів на проведення планових робіт. Що стосується запасних частин для проведення планових обслуговувань, то для даних сучасних автомобілів кількість фільтрів може коливатися від 5 до 13 одиниць залежно від марки, моделі і року випуску автомобіля (фільтри в системі мастила двигуна, паливний і повітря, нормою стала наявність фільтру салону і паливного водосепаратора, мають свої фільтри системи охолодження рідини, коробки перемикання передач, гідропідсилювача рульового управління та

ін.). При цьому, для різних марок і моделей автомобілів виробником рекомендуються різні інтервали проведення замін. Така різноманітність витратних матеріалів представляє велику складність при плануванні витрат, особливо для підприємств, що мають в складі декілька марок автомобілів різних виробників.

Існуюче і використовуване програмне забезпечення на автопідприємствах має довідники по кількості і переліку запасних частин і матеріалів, дозволяє вести облік приходу і витрати їх, але жодна програма не дозволяє отримати інформацію по планованих витратах на запасні частини, яка кількість і яких може знадобиться в розрахунковому періоді. Така інформація забезпечувала б ефективну роботу підприємства, дозволяючи резервувати необхідні фінансові кошти і забезпечувати мінімальний простій автомобілів в обслуговуванні і ремонті.

Рішенням подібного роду завдання може послужити розроблене програмне забезпечення. Основою для розрахунків є заявлена виробником періодичність замін того або іншого елементу, тому при розробці програми вимагається забезпечити дані по останніх замінах, пробіг на якому зроблена заміна і дата проведення заміни. Ця інформація, як правило, є на підприємствах в програмах обліку, наприклад, таких як «1С: підприємство» та ін. і легко експортується у вигляді таблиці 1 в практично будь-якому необхідному форматі.

Таблиця 1

Вид даних, що імпортуються, із зовнішньої програми

Реєстраційний номер автомобіля (N)	Пробіг на момент заміни L, км	Дата на момент заміни, D	Замінений елемент E
1114	464680	01.03.2014	Фільтр масляний
1115	389056	25.02.2014	Фильтр-влаговідділювач
…	…	…	…

Назвемо такий файл «1С». Робота програми розпочинається з імпорту даних цього файлу в програму. Далі відповідно до наявного довідника найменувань і періодичностей замін здійснюється розрахунок виходячи з середньодобового пробігу (L_{cc}), визначуваного експериментально з урахуванням спостережень. Виконані спостереження для конкретного автотранспортного підприємства [7, 8] показали, що величина середнього добового пробігу залежить від пори року: взимку складає близько 200 км, в міжсезоння - близько 230 км, влітку - 280 км.

Як правило, періодичності замін обмежуються пробігом або часом. Так, наприклад, у автомобілів-тягачів VOLVO FH12 повітряний первинний фільтр необхідно замінювати через 180 тис. км пробігу або через 18 місяців, паливний - через 20 тис. км або один раз в два місяці. На автомобілях MERCEDES - BENZ ACTROS 1844 LS, приміром, повітряний фільтр міняють через 180 тис. км або через 24 місяці.

Після імпорту даних про останнє проведення робіт, обчислюється різниця між датою останньої заміни елементу *D* і поточною датою *DATE*. Отримана величина *TempD* множиться на середньодобовий пробіг і визначається величина пробігу на прогнозований період *TempL*.

Надалі робиться послідовне порівняння періодичності пробігу для цього елементу. У разі, якщо величина пробігу більше нормативної періодичності, визначається на скільки вона більше і розраховуються сумарні витрати (рис. 1). Якщо періодичність менша - перевіряється тимчасова умова і аналогічно розраховується кратність і витрати. Отримані дані виводяться у вигляді таблиці 2. Цикл розрахунку повторюється для кожного автомобіля по кожному найменуванню.

Таблиця 2

Вид вихідних даних, отриманих в результаті розрахунку

Реєстрац. номер автомобіля	Пробіг на момент план. заміни, км	Дата заміни по плану	Замінюваний елемент	Кіль-кість	Сума витрат, грн.
1114	504575	05.09.2014	Фільтр масляний	1 од.	316
1115	389056	23.08.2014	Фильтр-влаговідділювач	1 од.	475
...	...	...	...	...	...

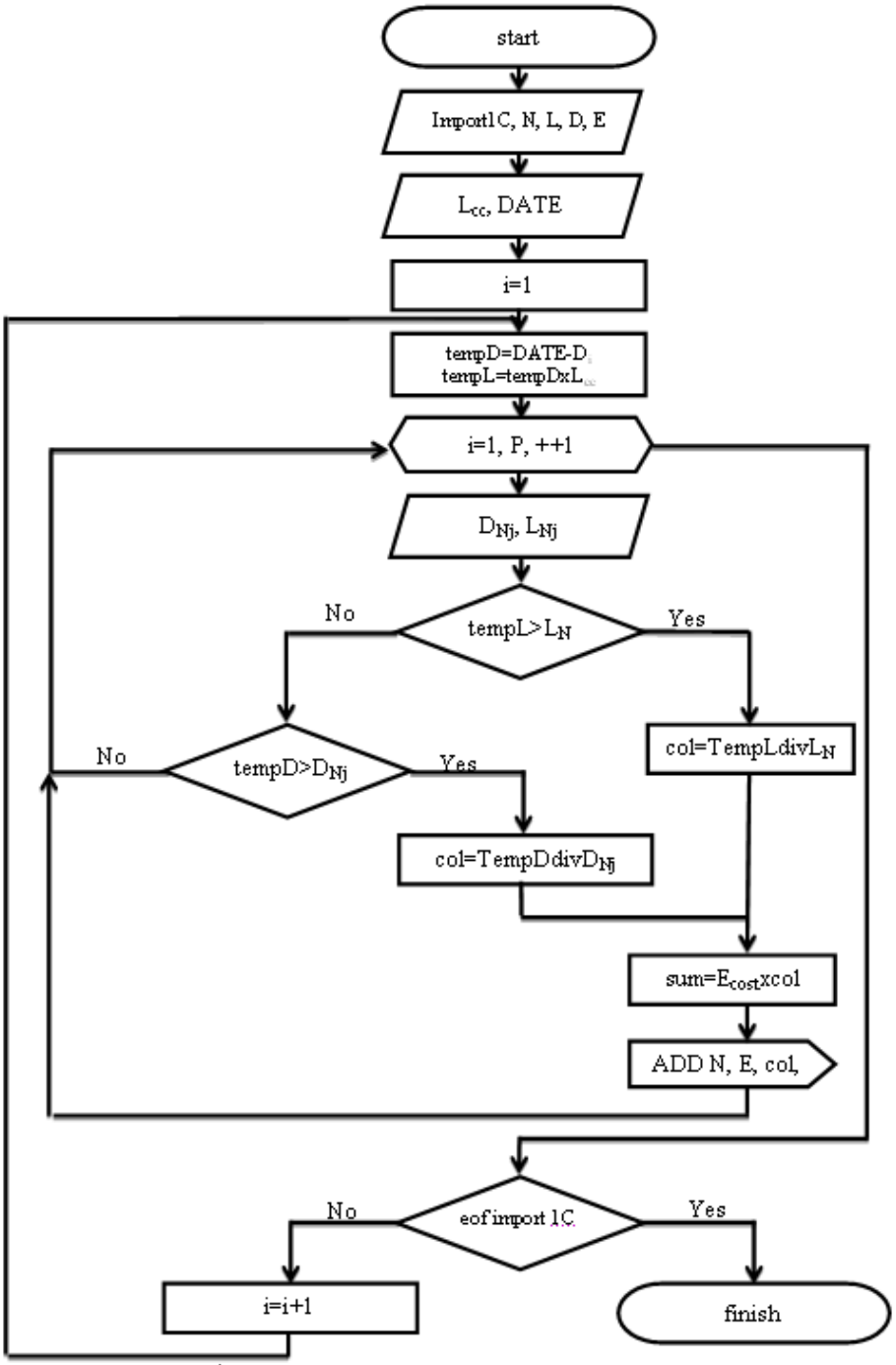


Рис. 1. **Алгоритм роботи програми для планування витрати запасних частин**

ВИСНОВОК

Пропонована методика дозволяє робити розрахунок необхідної кількості запасних частин на майбутній період T в умовах обмеженості фінансових ресурсів на підставі визначених інтенсивностей потоку відмов. Ця методика дозволяє резервувати кошти для оперативного поповнення фонду запасних частин з урахуванням часу доставки. Спільне використання методики і програми дозволить планувати проведення робіт по плановому технічному обслуговуванню рухомого складу і своєчасно замовляти необхідні комплектуючі деталей або матеріалів. Можливе розширення можливостей програми шляхом додавання інших деталей, наприклад, гальмівних колодок, шин і акумуляторів, а також інших деталей, середній ресурс яких може бути визначений.

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Изд. 2-е, перераб. и дополн. — Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. — 468 с.
2. Кравченко А.П. Научные основы управления эффективностью эксплуатации автомобильных поездов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация ремонт средств транспорта. ХНАДУ, Харьков, 2007.
3. Нормы расхода автомобильных запасных частей. – М.: ЦНИИТЭН, 1970, ч. I-IV. – 295 с.
4. Лукинский В.С. Совершенствование методов расчета потребности в запасных частях к автомобильным двигателям / В.С. Лукинский, В.И. Сергеев. – Двигателестроение, 1982, №9. – С. 43-47.
5. Чечеткина А.А. Некоторые направления метода оптимизации показателей надежности машин / А.А. Чечеткина, Н.З. Гизатова // Вестник КГТУ. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – Вып. 39. – С. 619-624.
6. Зинченко В.А. Маркетинг сервисных услуг по техническому содержанию подвижного состава автомобильного транспорта / В.А. Зинченко, Н.В. Костюченко. – М.: ВЛНИТИ. Транспорт: наука, техника, управление. Сборник обзорной информации, №12, 1997. – С.33-38.
7. Кравченко А.П. Исследования нарушений работоспособности автомобилей-тягачей VOLVO FH 1242 в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации / А.П. Кравченко, Е.А Верительник // Вісник СевНТУ, випуск 142, серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С. 100-103.
8. Кравченко О.П. Статистичні дослідження несправностей автомобілів-тягачів Mercedes - Benz в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації / О.П. Кравченко, Є.А. Верітельник // Одинадцятий міжнародний симпозіум українських інженерів-механиків у Львові: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРІ ЛТД. – 2013. – С. 112-113.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014.

©О.П.Кравченко, Є.А.Верітельник

УДК 681.3.01

О.П.Кравченко, К.К.Панайотов
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТИМЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛУ ОБСЛУГОВУВАННЯ БЕЗПЕРЕРВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Викладено підхід до використання методу експертних оцінок для отримання розкиду випадкових часових параметрів процесу транспортного обслуговування технологічних маршрутів безперервних виробництв.

Ключові слова: *автотранспортне виробництво, розподіл тимчасових величин, ненормований час, метод ієрархії Саати, ваговий коефіцієнт.*

Табл. 1. Форм 3. Літ 5.

А.П.Кравченко, К.К.Панайотов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА ОБСЛУЖИВАНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Изложен подход к использованию метода экспертных оценок для получения разброса случайных временных параметров процесса транспортного обслуживания технологических маршрутов непрерывных производств.

Ключевые слова: *автотранспортное производство, распределение временных величин, ненормированное время, метод иерархий Саати, весовой коэффициент.*

A. Kravchenko, K. Panaiotov

CHARACTERIZATION TIME PARAMETERS VEHICLE MAINTENANCE CYCLE OF CONTINUOUS PROCESS INDUSTRIES

An approach to the use of the method of expert estimates for random time variation of the process parameters of the transport service routes continuous process industries.

Keywords: *motor production, timing units, irregular time hierarchies Saaty method, the weighting factor.*

Постановка проблеми. Вантажні автомобілі є одним з основних елементів транспортно-технологічної системи безперервних виробництв, основне завдання яких – забезпечення безперервних технологічних процесів. У цьому зв'язку рішення задачі вибору раціонального парку рухомого складу, стає можливим з урахуванням мінливих умов перевезень і випадкового характеру часових параметрів транспортного процесу. Необхідною умовою при цьому є отримання характеристик часових параметрів транспортного циклу, що пов'язано з виїздом на передбачувані маршрути фахівців для отримання необхідних даних. Це призводить до появи додаткових витрат, що в сучасних економічних умовах не припустимо для спеціалізованого автопідприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню параметрів транспортного процесу на виробничих підприємствах присвячені праці Є.В. Нагорного [1], І.В. Зирянова [2], А.В. Степанова [3]. У роботах [1, 2] приділено увагу дослідженню факторів, які впливають на процес функціонування транспортно-технологічної системи гірничодобувних підприємств, розроблені методики складання технологічних маршрутів, встановлено залежності між параметрами парку рухомого складу і умовами експлуатації вантажного автомобільного транспорту. А.В. Степанов [3] розглядає питання підвищення надійності автосамоскидів в умовах гірничих підприємств на підставі встановлення закономірностей систематичних відмов одиниць рухомого складу і розробки діагностичних моделей управління технічним станом автотранспортних засобів. Також приділено увагу управлінню процесом руху автотранспорту на технологічних маршрутах, вибором раціонального типу рухомого складу і методиці розрахунку раціонального режиму руху на маршрутах.

Мета дослідження. З урахуванням специфіки роботи вантажного самоскидного автотранспорту на технологічних маршрутах необхідно отримати характеристики часів навантаження, розвантаження, часу поїздки з вантажем і без вантажу, для вирішення завдання вибору раціонального парку вантажних автомобілів.

Мета статті. Визначення основних положень методу експертних оцінок у сфері організації управління вантажними автоперевезеннями на технологічних маршрутах вугільних

©О.П.Кравченко, К.К.Панайотов

підприємств для вирішення завдання вибору раціонального парку рухомого складу. Необхідним для цього є отримання розкиду часових параметрів перевізного процесу із застосуванням експертних оцінок для подальшого експериментального дослідження імітаційної моделі з метою визначення раціональної структури парку рухомого складу спеціалізованого автопідприємства.

Результати дослідження. Як показують дослідження [4], виникнення критичної ситуації зупинки видобутку і збагачення вугілля можливо через те, що автомобілі або не встигають вчасно прибути під навантаження, або простоюють в черзі під навантажувальними бункерами, що призводить до їх переповнення. Причому всі розглянуті часові параметри перевізного процесу - час поїздки з вантажем – t_{eg}; час поїздки без вантажу – t_{ebg}; час завантаження - $t_z(g)$; час розвантаження $t_v(g)$ є випадковими величинами. Іншими словами, знак різниці

$$\left(t_z^1 + t_v^1 + t_{eg}^1 + t_{ebg}^1\right)_{\substack{\text{На первом}\\ \text{цикле}}} - \left(t_v^2 + t_{eg}^2 + t_{ebg}^2\right)_{\substack{\text{На втором}\\ \text{цикле}}}$$

визначається можливим розкидом значень зазначених часів. Визначення цього розкиду можливо лише за допомогою багаторазового хронометражу на маршруті, що нерентабельне для замірів часів t_{eg}, t_{ebg}, $t_v(g)$, і неможливо для часу $t_z(g)$ до початку виконання робіт за договором. З іншого боку, для вибору раціонального парку автомобілів, які обслуговують даний маршрут, необхідно мати, принаймні, деякі оцінки для можливого розкиду розглянутих часів. У такій ситуації необхідну інформацію можна одержати за допомогою експертних оцінок. Для оцінки розкиду часів t_{eg}, t_{ebg} та $t_v(g)$ у якості експертів були обрані бригадири водіїв, що мають великий стаж роботи на технологічних маршрутах - експерти першої групи. Експертами для оцінки розкиду часу $t_z(g)$ були обрані оператори навантаження - експерти другої групи. Для аналізу суджень експертів використовувався метод аналізу ієрархій Сааті [5]. Експерти відповіли на запитання: «На скільки, на вашу думку, може відрізнятися час (вказувалося, про який саме часу йде мова) від номінального значення цього часу?» В якості відповідей обирався один з дев'яти можливих відповідей: «на 10 %, на 20%, ... на 90% ». Для встановлення відносної важливості елементів ієрархії використана шкала переваг по Сааті, яка дозволяє експерту поставити у відповідність ступеням переваги одного порівнюваного об'єкта перед іншим деякі числа.

В результаті опитування були отримані матриці порівняння думок експертів для часу поїздки з вантажем і без вантажу:

$$A_{e_2}(i,j) = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 4 & 9 & 8 & 7 & 6 & 5 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 8 & 9 & 7 & 5 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 7 & 8 & 9 & 4 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 4 & 8 & 9 & 7 & 5 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 7 & 8 & 9 & 5 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 5 & 7 & 9 & 6 & 4 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 9 & 4 & 3 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 5 & 8 & 9 & 8 & 4 & 2 & 2 \end{bmatrix}, A_{e\bar{o}_2}(i,j) = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 4 & 9 & 8 & 7 & 6 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 8 & 9 & 7 & 4 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 9 & 8 & 7 & 4 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 4 & 9 & 8 & 7 & 3 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 9 & 8 & 5 & 4 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 5 & 9 & 7 & 6 & 4 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 4 & 9 & 8 & 4 & 3 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 5 & 9 & 6 & 5 & 4 & 2 & 2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Цілі числа цієї шкали мають таку смислову інтерпретацію:

1 - рівна значимість, коли обидва порівнюваних об'єкта мають однакову значимість для об'єкта наступного, більш високого рівня;

3 - слабка (трохи більш висока) значимість, коли досвід і оцінка говорять про трохи більшу значимість одного об'єкта в порівнянні з іншим, проте ці міркування недостатньо переконливі;

5 - сильна (більш висока) значимість, коли досвід і оцінка говорять про більш високу значимость одного об'єкту в порівнянні з іншим, причому є надійні дані або логічні судження для того, щоб показати перевагу одного з об'єктів;

7 - дуже сильна (дуже висока) значимість, коли існує переконливе свідчення на користь одного об'єкта перед іншим, причому ця значимість явно проявлялася в минулому;

9 - абсолютна домінуюча значимість, коли існують максимально можливі відмінності між двома об'єктами на користь переваги одного об'єкта іншому і вони найвищою мірою переконливі;

2, 4, 6, 8 - проміжні (рівноправні з непарними) значення.

Значення коефіцієнтів конкордації (коефіцієнт узгодженості думок експертів) для отриманих параметрів представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів конкордації

W_{eg}	W_{ebg}	W_z	W_v
0,794	0,803	0,831	0,696

Для всіх чотирьох наборів даних отримано достатньо високий ступінь узгодженості думок експертів. Для отримання вагових коефіцієнтів використовувався метод, запропонований в [5]. Відповідно до цього методу індивідуальні (для $k-$го експерту) вагові коефіцієнти обчислюються як

$$w_i^k = \frac{a_{1n}^k}{a_{1i}^k},\ \ i=1,2,...,10,\ a_{11}^k=1,\ n=10, \tag{2}$$

де $a_{1i}^k,\ i=2,3,...,10$ – елементи $k-$ї строки в (1).

Оскільки всі експерти в даному опитуванні рівноправні, інтегральний нормований ваговий коефіцієнт визначається як

$$w_i^* = \frac{\sum_k w_i^k}{\sum_i \sum_k w_i^k}. \tag{3}$$

Проведені обчислення дали такі результати: для часів t_{eg} та t_{ebg} найбільший ваговий коефіцієнт має величина розкиду 50%, для часу t_v найбільший ваговий коефіцієнт має величина розкиду 30% і для часу t_z - найбільший ваговий коефіцієнт має величина розкиду 60%.

Висновки. Використання методики експертних оцінок дозволяє приймати рішення фахівцям-експертам при використанні експертних систем підтримки та прийняття рішень в умовах безперервних виробництв, що дозволяє удосконалити процес управління вантажними автоперевезеннями і підвищити ефективність автотранспортного виробництва.

Перспективи подальших досліджень. Запропонований підхід використання методики експертних оцінок може бути приємлевим при розробці методики розрахунку кількості вантажних автомобілів певної вантажопідйомності при обслуговуванні технологічних маршрутів безперервних виробництв і враховує випадковий характер часу в циклах транспортного обслуговування.

1. Нагорний Є.В. Комерційна робота на автомобільному транспорті: підручник / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 323 с.
2. Зырянов И.В. Повышение эффективности систем карьерного автотранспорта в экстремальных условиях эксплуатации: Дис. на соиск. уч. ст. доктора техн. наук: - СПб.: СПГГИ, 2006.
3. Степанов А.В. Підвіщення надійності автосамоскидів, що працюють на породних відвалах: Дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Харьків, 2008. – 196 с.
4. Кравченко А.П., Панайотов К.К. Моделирование системы массового обслуживания погрузочных бункеров автомобильным транспортом / Сборник научных трудов «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов». – Минск: БНТУ, 2012. – С. 3-9.
5. Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев / Журнал вычислительной математики и математической физ., 2004, том 44, номер 7, с. 1261-1270.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©О.П.Кравченко, К.К.Панайотов

УДК 658.013.3

В.Л.Крещенецький, С.В.Цимбал, Н.С.Семічаснова, М.О.Клименко
Вінницький національний технічний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В роботі вивчено особливості роботи автосервісних підприємств та рівень конкуренції між ними. Розроблено алгоритм на базі імітаційного моделювання, який відображує основні елементи системи та дозволяє моделювати роботу автосервісних підприємств.

В.Л.Крещенецкий, С.В.Цымбал, Н.С.Семичаснова, М.О.Клименко

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОСЕРВИСА

В работе изучены особенности работы автосервисных предприятий и уровень конкуренции между ними. Разработан алгоритм на базе имитационного моделирования, который отображает основные элементы системы и позволяет моделировать работу автосервисных предприятий.

V.Kreschenetskiy, S.Tsymbal, N.Semichasnova, M.Klymenko

DEVELOPMENT OF ALGORITHM OF DESIGN OF WORK OF ENTERPRISES OF CAR-CARE CENTER

The features of work of autoservice enterprises and level of competition are in-process studied between them. First of all it behaves to the unevenness of streams of requests on technical service and repair of cars and risk of loss of clients, conditioned by the action of competition. On the stages of creation of enterprise of car-care center it is also important to give the prognosis of stream of requests on technical service and repair in a certain borough and to expect his power near to the optimal in these terms competition. Home businessmen intuitively take measure on partial neutralization of negative influence of vibrations of streams of requests on efficiency of functioning of autoservice enterprises, but this problem did not find the proper attention in scientific researches and certainly for a car-care center corresponding recommendations are not worked out for new operating of autoservice enterprises conditions. At the same time, at large amplitudes of oscillation of stream of requests, an effect is attained due to varying of organization of labour a form it can appear insufficient. An effect is arrived at due to the mutual help of the performers envisaged after the different posts of technical service and repair. In this case three variants of cooperation of performers are possible: absence of mutual help; partial mutual help; complete mutual help. Two basic simulation models are in this connection worked out on the sign of mutual help of performers: first without a mutual help, second with partial and complete. At the same time, for providing of perception of algorithms of imitation design of work of enterprises of car-care center there was the worked out algorithm that removes the basic elements of models.

Ключові слова*: автосервісні підприємства, технічне обслуговування та ремонт, конкуренція, алгоритм, імітаційне моделювання.*

Постановка проблеми

Незважаючи на загальну несприятливу економічну кон'юнктуру в економіці країни, останніми роками об'єм автопослуг значно виріс, що пояснюється зростанням числа рухомого складу в основному зарубіжного виробництва. Проте темпи зростання сучасної виробничо-технічної бази автосервісу істотно відстають від темпів збільшення рухомого складу автомобілів, що знаходяться у власності громадян. В зв'язку з цим якість виконання робіт по технічному обслуговуванню і ремонту автомобілів у більшості випадків не відповідає вимогам технічної експлуатації. Відсутність пристосованих приміщень, сучасного технологічного устаткування і висококваліфікованого персоналу призводять до порушення технології виконання робіт і ведуть до збільшення числа дорожньо-транспортних пригод з технічних причин. Більшість виробничих будівель малих і середніх підприємств автосервісу не відповідають також вимогам охорони праці.

В той же час власники підприємств автосервісу зазнають величезних труднощів, обумовлених специфікою сфери послуг, яка включає і автосервіс. В першу чергу це відноситься до нерівномірності потоків заявок на технічне обслуговування і ремонт автомобілів і ризику втрати клієнтів, обумовленого дією конкуренції. Ці два чинники є визначальними для успішного функціонування підприємств автосервісу. Тому високу якість послуг автосервісу

©В.Л. Крещенецький, С.В. Цимбал, Н.С. Семічаснова, М.О. Клименко

включає не лише міра відповідності виконаних робіт технічним вимогам, але і своєчасність прийому заявки і завершення операцій обслуговування.

Перша складова якості залежать від досконалості виробничо-технічної бази і кваліфікації персоналу підприємств автосервісу, друга частина є функцією відповідності наявної потужності в кожен момент часу реальним потокам заявок.

Якщо виробничо-технічна база підприємств і кваліфікація персоналу міняються поступово і вимагають значних інвестицій, то ефективне використання наявної виробничої потужності за рахунок вдосконалення організації виробництва дає віддачу без великих додаткових коштів. На стадіях створення підприємства автосервісу також важливо дати прогноз потоку заявок на технічне обслуговування і ремонт в конкретному районі міста і розрахувати його потужність, близьку до оптимальної в цих умовах конкуренції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як зазначалось раніше, підприємства автосервісу зазнають серйозні труднощі по завантаженню виробничих потужностей в силу великих коливань потоків заявок на технічне обслуговування і ремонт в часі.

Природа випадкового характеру потоків несправностей автомобілів відома з теорії надійності [1,2], але в даному випадку йдеться про нестаціонарність цих процесів. У ряді досліджень для автомобільних парків автотранспортних підприємств [3-5] було встановлено, що незважаючи на відносно стабільну інтенсивність експлуатації автомобілів, спостерігаються значні коливання потоків заявок на ремонт в одному і тому ж автотранспортному підприємстві.

Природа цього явища полягає в поступовому характері процесу зношування більшості елементів автомобілів [6-8], що дозволяє регулювати момент появи заявки на ремонт залежно від мотивації водіїв.

При експлуатації автомобілів індивідуальних власників окрім суб'єктивних причин появи нерівномірності потоків заявок, обумовлених різними потребами клієнтів, на їх коливання в першу чергу відбивається нерівномірність інтенсивності експлуатації автомобілів протягом тижня, місяця, сезону.

Якщо для автотранспортних підприємств, які є замкнутими системами, наслідки нерівномірності потоку заявок відбивалися в основному на ефективності використання виробничо-технічної бази і персоналу технічної служби, то для автосервісних підприємств втрата кожного не обслуженого автомобіля є синонімом втрати доходу. Таким чином, гострота і актуальність своєчасного надання автопослуг для автосервісних підприємств значно вищі, ніж для автотранспортних підприємств.

З огляду на те, що автосервісні підприємства не можуть безпосередньо впливати на моменти появи заявок, вони вимушені пристосовуватися до коливань потоків за рахунок зміни пропускної спроможності.

У зарубіжній літературі вказується [9-10], що головна проблема, з якою стикаються підприємства сфери послуг в ринкових умовах господарювання - це неузгодженість попиту і пропозиції в часі. Вітчизняні підприємці інтуїтивно вживають заходи по частковій нейтралізації негативного впливу коливань потоків заявок на ефективність функціонування автосервісних підприємств, але ця проблема не знайшла належної уваги в наукових дослідженнях і конкретно для автосервісу не розроблені відповідні рекомендації для нових умов функціонування автосервісних підприємств.

Метою даної роботи є розробка методики оптимального використання потужності підприємств автосервісу в малих містах і населених пунктах.

Основні результати дослідження

Реформування економіки країни, що триває впродовж останніх двох десятиліть, привело до глобальних змін у виробничих стосунках, радикально реструктуризувалася підприємства основних галузей народного господарства. У автосервісі спостерігаються зміни, які найяскравіше характеризують дію ринкових стосунків на усій території країни. У системі автосервісу країни відбулися дві найважливіші події, які торкнулися кожного працівника сфери автосервісу і усього населення : сталося роздержавлення виробничо-технічної бази підприємств і об'єднань, і радикально змінився структурний склад мережі автосервісу. Якщо раніше на ринку автопослуг домінували великі підприємства, які в силу системи постачання

запчастинами, що склалася, були по суті монополістами в регіонах, то нині провідні позиції за об'ємом автопослуг завоювали малі підприємства автосервісу. При цьому структурний склад підприємств автосервісу сформувався залежно від міри насиченості території автомобілями і масштабу регіону (міста, району, сіла). У великих містах станції технічного обслуговування виявилися конкурентоздатнішими, хоча для цього їм довелося перепрофілювати свою діяльність, орієнтуючись на автосервіс іномарок. У середніх і малих містах стався перехід до однозмінного режиму роботи з коефіцієнтом завантаження потужності 0.3-0.4, а об'єм автопослуг на цих підприємствах зменшився в середньому в 3-3.5 разу в порівнянні з дореформеним періодом.

Однією з серйозних причин, що привели великі і середні підприємства автосервісу до втрати клієнтури, є витік найбільш кваліфікованих слюсарів, які або заснували власні малі підприємства автосервісу, або перейшли до них на контрактних умовах. Незважаючи на погану пристосованість виробничих приміщень для виконання робіт по технічному обслуговуванню і ремонту, автосервісні підприємства швидко завоювали ринок послуг завдяки персоніфікації виконавців і індивідуальній відповідальності за якість виконуваних робіт. Умови малого міста, в якому комунікаційні канали спілкування населення особливо насичені, висока кваліфікація того або іншого майстра стає надбанням широкого кола автовласників і завдяки цьому формується стійкий круг його постійної клієнтури. Таким чином підприємства автосервісу працюють в умовах вільної конкуренції. Велика частина конкуруючих підприємств автосервісу розосереджена на значній відстані, що дає певні переваги кожному з них, оскільки вони наближаються до потенційних джерел заявок і тим самим кожна з них придбаває певні переваги. Проте гострота конкуренції визначається все ж співвідношенням між сумарним потоком заявок на цей вид обслуговування по цій марці автомобілів і загальною продуктивністю конкуруючих підприємств автосервісу.

Природно припустити, що нерівномірність потоку заявок в мережі автосервісу викликає зміни середнього часу очікування, оскільки сумарна потужність усіх підприємств автосервісу є відносно постійною величиною. В зв'язку з цим залежно від зміни потоків заявок доцільно адаптувати потужність підприємства, що пов'язано з додатковими витратами, які повинні виправдатися за рахунок збільшення об'єму послуг. В той же час є певні резерви підвищення ефективності виробництва за рахунок вдосконалення організації праці виконавців, безпосередньо зайнятих обслуговуванням автомобілів. Ефект досягається за рахунок взаємодопомоги виконавців, закріплених за різними постами технічного обслуговування і ремонту. В цьому випадку можливі три варіанти взаємодії виконавців: відсутність взаємодопомоги; часткова взаємодопомога; повна взаємодопомога.

Відсутність взаємодопомоги означає, що незалежно від ситуацій, що складаються в зонах технічного обслуговування і ремонту, кожен виконавець (2-3 виконавці), закріплений за конкретним постом, виконує роботи по автомобілях, що поступили на цей пост. За відсутності автомобіля виконавець простоює. Часткова взаємодопомога має на увазі, що вільні від роботи виконавці надають допомогу іншим. Проте зважаючи на обмеженість фронту робіт на одному автомобілі число виконавців на одному посту обмежене. Тому не усі вільні від роботи виконавці можуть надати допомогу колегам і вимушені простоювати.

Третій варіант організації праці припускає, що фронт робіт необмежений і усі виконавці підприємства можуть одночасно обслуговувати один автомобіль. Природно, така можливість на практиці відсутня у зв'язку з характером технології технічного обслуговування і ремонту, що допускає не більше 2-3 виконавців на одному посту. Проте на малих підприємствах автосервісу, що налічують 1-2 пости, така можливість існує реально. Отже усі три форми організації праці в певних ситуаціях можуть мати місце при обслуговуванні автомобілів на підприємствах автосервісу різної потужності. В той же час, при великих амплітудах коливання потоку заявок, ефект досягнутий за рахунок варіювання формою організації праці може виявитися недостатнім. У певні пікові періоди доцільне збільшення пропускної спроможності підприємства автосервісу. Це можливо за рахунок збільшення числа виконавців або застосування продуктивнішого технологічного устаткування. Залучення додаткового числа виконавців з числа персоналу підприємства автосервісу є ефективнішим, оскільки їх праця може використовуватися по потребі періодично, а в проміжках між ними вони можуть

займатися основною роботою, не пов'язаною з обслуговуванням автомобілів, що знаходяться на постах. Якщо на підприємстві відсутні такі фахівці (чи їх недостатньо) можуть періодично притягуватися виконавці з досить високою кваліфікацією з боку.



Рис.1. **Алгоритм імітаційного моделювання роботи автосервісних підприємств**

Таким чином, на стадії функціонування підприємств автосервісу існують три варіанти адаптації виробництва до потоку заявок, що міняється:

- зміна форм організації праці виконавців.
- залучення виконавців суміжних професій з числа персоналу підприємства.
- залучення виконавців з боку.

Усі ці варіанти можуть використовуватися як окремо, так і разом. Доцільність певних комбінацій організації взаємодії виконавців може бути встановлена при кількісній оцінці ефекту кожного з розглянутих вище з урахуванням умов конкуренції.

Для цих цілей необхідно запропонувати математичні моделі даних стохастичних процесів вступу заявок на обслуговування автомобілів і виконання робіт по усуненню відмов і несправностей.

Різноманіття реальних процесів, пов'язаних з масовим обслуговуванням заявок, не може бути враховане при їх математичному описі аналітичними методами не лише зважаючи на нестаціонарність потоку, але і відмінності реальних законів розподілу від прийнятих в теорії масового обслуговування.

При розробці імітаційних моделей було допущено деяке спрощення класифікації, прийнятої для аналітичних моделей, що обумовлено допоміжним характером імітаційних моделей для вирішення завдань, поставлених в справжній роботі.

В зв'язку з цим розроблені дві основні імітаційні моделі за ознакою взаємодопомоги виконавців: перша без взаємодопомоги, друга з частковою і повною. В той же час, для забезпечення сприйняття алгоритмів імітаційного моделювання роботи підприємств автосервісу був розроблений алгоритм, який відбиває основні елементи моделей (рис. 1).

На початку роботи алгоритму формуються масиви початкових даних (блок 2) і встановлюється тип вибраної моделі функціонування підприємства автосервісу із запропонованої класифікації (блок 3). Потім здійснюється формування початкових значень ідентифікаторів відповідно до розміру обчислювального циклу. Згідно з прийнятою ступінчастою схемою завдання початкової інформації про потоки заявок обчислюється інтенсивність вступу автомобілів на початок першого тижня (блок 6) і на початок робочого дня (блок 7). Відповідно до реального закону розподілу проміжків часу між вступом чергових заявок обчислюються їх випадкові значення (блок 8).

Так само згідно зі встановленим із спостережень законом розподілу часу обслуговування заявки визначається тривалість обслуговування конкретної заявки (блок 9). Відповідно до прийнятої моделі функціонування підприємства автосервісу робився вибір поста (блок 10) і розрахунок часу простоїв постів і автомобілів для кожного варіанту взаємодії виконавців (блок 11).

Потім робилося підсумовування цих величин (блок 12) до закінчення випробувань (блок 13). Якщо випробування тривали, робилося обчислення поточних значень інтенсивності потоку заявок (блок 14) для кожного з трьох тривалості (блоки 5,6,7) і обчислювальний процес тривав по встановленому циклу до завершення випробувань (блок 13), після чого здійснювалася обробка результатів моделювання, яка полягала в обчисленні середніх значень показників автосервісних підприємств (блок 15), і видача на друк. Якщо передбачений пошук оптимальних значень показників по одному з прийнятих критеріїв оптимальності, усі обчислювальні операції алгоритму повторюються при нових початкових величинах змінних параметрів.

Висновки

В результаті аналізу функціонування мережі автосервісу в малих містах і населених пунктах встановлено, що зважаючи на нерівномірне завантаження і обмеженість ринку автопослуг підприємств автосервісу випробовують конкуренцію.

Розроблена імітаційна модель функціонування підприємств автосервісу яка дозволяють врахувати різну міру розсіювання початкових параметрів і отримати достовірні значення показників підприємств автосервісу.

Короткий опис алгоритму моделювання роботи підприємств автосервісу розкриває використовувані прийоми і принципи, але вони не дають уявлення про обчислювальні процеси,

що відбуваються при кожному варіанті функціонування підприємства автосервісу, і тому видається доцільним їх детальний опис в операторній формі незалежно від вживаної мови програмування.

1. Прошан Ф. Математическая теория надежности / Прошан Ф. – М.: Сов. радио, 1969. - 487 с.
2. Кокс Д. Теория восстановления / Кокс Д., Смит В. – М: Советское радио, 1967. - 298с.
3. Бауер В.И. Формирование рациональных вариантов технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей для условий производств различных мощностей. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. -М., 1993. - 20с.
4. Луйк И.А. Теоретические основы планирования технической эксплуатации машинного парка / Луйк И.А. - К.: Вища школа, 1976. - 149 с.
5. Тахтамышев Х.М. Методы оптимального технологического расчета автотранспортных предприятий / Тахтамышев Х.М. - Киев: Вища школа, 1986. – 110 с.
6. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей / Авдонькин Ф.Н. - М.: Транспорт, 1985. - 214 с.
7. Кузнецов Е.С. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: Учеб. Пособие / Кузнецов Е.С. – М.: МАДИ, 1979. - 111 с.
8. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. - М.:Транспорт, 1982. – 224 с.
9. Драккер П.Ф. Управление, нацеленное на результаты .: Пер. с англ. / Драккер П.Ф. - М.: Технологическая школа бизнеса, 1992. -192 с.
10. Карлофф Б. Деловая стратегия : Пер. с англ. / Карлофф Б. - М. Экономика, 1991. – 239 с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©В.Л. Крещенецький, С.В. Цимбал, Н.С. Семічаснова, М.О. Клименко

УДК 621.891

С.І.Криштопа
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ І ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛЕВИХ ФРИКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ

У матеріалах статті розглядається енергонавантаженість пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів. Зроблені теоретичні дослідження фрикційної взаємодії металополімерних пар тертя. Детально аналізується процеси і явища, що відбуваються в гальмівних механізмах транспортних засобів. Розроблена математична модель визначення термічних напружень пар тертя в результаті фрикційної взаємодії барабанно-колодкових гальм транспортних засобів.

Ключові слова: *гальмівні механізми, матеріали пар тертя, фрикційна взаємодія, трибопроцеси, пляма контакту, геометричні і експлуатаційні параметри.*

Рис 4. Форм 26. Літ 6.

В материалах статьи рассматривается энергонагруженность пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств. Сделаны теоретические исследования фрикционного взаимодействия металлополимерных пар трения. Детально анализируется процессы и явления, происходящие в тормозных механизмах транспортных средств. Разработана математическая модель определения термических напряжений пар трения в результате фрикционного взаимодействия барабанно-колодочных тормозов транспортных средств.

Ключевые слова: *тормозные механизмы, материалы пар трения, фрикционное взаимодействие, трибопроцессы, пятно контакта, геометрические и эксплуатационные параметры.*

In materials of the article energy loading is examined and steam wearing friction properties of a dram-block brakes of transport vehicles. Steam the done theoretical researches of friction co-operation of metal polymer friction. Taking into account modern achievements of material knowledge and analytical dependences the developed criteria of estimation of being of surfaces of friction and indicated possible ways of management by intensity of electric thermal mechanic destruction in the pairs of friction. The conducted calculations showed that considerable influence on the basic indexes of quality of superficial layer of rim of brake pulley has speed of thermal process. Speed of electric thermal mechanic processes stipulates the substantial change of character of structural transformations in superficial and plane layers and also physic-mechanical properties of material to the rim of drum. Analysis of the tense being of superficial layer to the rim to the drum at braking showed that forces of friction were instrumental in strengthening of superficial layer and origin of remaining tensions of compression. Temperature deformations over are brought to development in the superficial layer of effect of the reduction of durability, related to formation of remaining wricked tensions. The offered theoretical model of mechanism of destruction as a result of the electric thermal mechanic loading during friction confirms supposition about formation of superficial layer on a rim to the drum with low density of distributions and intensive cracks formation in plane layers. As electric thermal mechanic action affects the character of change of speeds of heating and cooling and also temperatures after a thickness to the drum it can be used for research of influencing of terms of the forced cooling on kinetics of thermal process. In detail processes and phenomena which take place in the brake mechanisms of transport vehicles are analyzed. Developed mathematical model of determination of thermal tensions steam friction as a result of friction co-operation of a dram-block brakes of transport vehicles.

Keywords: *brake mechanisms, materials of friction pairs, contact-impulsive co-operation, trybology processes, spot contact, geometrical and operating parameters.*

Постановка проблеми. При оцінці енергонавантаженості металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів не завжди розглядають різні типи контактів їх взаємодії, які і визначають енергетичні рівні робочих шарів елементів тертя. Крім того, в процесі гальмування на поверхнях тертя формуються механічні, електричні, магнітні, теплові і хімічні поля, які необхідно розглядати спільно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Бурхливий розвиток нанотрибології за останнє десятиріччя вимагає вдосконалення методів розрахунку енергонавантаженості металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів. При цьому необхідно розглядати поверхневі шари пари «накладка – метал» [1], оскільки тільки в них відбувається ряд перетворень механічного, теплового і хімічного характеру [2], які істотно знижують не тільки ефективність, але і сприяють планомірному руйнуванню поверхневого шару полімерної накладки [3]. Робоча поверхня останньої знаходиться в метастабільному стані в інтервалі температур вище допустимою для її матеріалів, що істотно позначається на її електронних властивостях, і як наслідок, на зносо-фрикційних характеристиках [4]. Розрахунку температурних полів під час тертя присвячений ряд робіт, в яких реалізовані наступні методи: аналітичний, чисельний, аналоговий, графічний, експериментальний і ін. [5, 6]. Проте ні в одному з методів не враховується, що теплоутворення відбувається не тільки на поверхні тертя, але і в матеріалі фрикційних накладок за рахунок термодеструкційних процесів, що спостерігаються при температурах вище допустимої для матеріалу пар тертя.

©С.І.Криштопа

Мета дослідження – оцінка навантаженості та зносо-фрикційних властивостей поверхневих шарів металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів, виходячи з їх фізико-хімічного стану та комплексу складних електротермомеханічних і фізико-хімічних процесів в поверхневих і приповерхневих шарах металополімерних фрикційних вузлів.

Процеси фрикційної взаємодії поверхонь пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів

При дослідженні і аналізі параметрів тертя особливо детальному вивченню підлягає контактно-імпульсна взаємодія мікровиступів поверхонь тертя. Процес протікає в три стадії: власне взаємодія мікровиступів; зміни, що відбуваються на плямах контакту поверхонь тертя; руйнування плям контакту. На вказаних стадіях контактно-імпульсної взаємодії поверхневих і приповерхневих шарів металополімерних пар тертя властиві їм процеси відбуваються на різних енергетичних рівнях з нестійкими зовнішніми і внутрішніми параметрами, які оцінюються за мікро-, мілі- і наношкалами.

Розглянемо теплові процеси як результат дії електротермомеханічного навантаження на гальмівний барабан барабанно-колодкових гальм транспортних засобів. В процесі гальмування теплові хвилі не мають достатнього часу, щоб глибоко проникнути вглиб циліндричного ободу гальмівного барабана. В цьому випадку можна вважати, що температура в поверхневих шарах змінюється за товщиною як в напівнескінченному тілі з джерелом тепловиділення потужністю Q. Згідно цього одновимірне рівняння теплопровідності має вигляд

$$\frac{\partial \Delta\vartheta}{\partial t} = a\frac{\partial \Delta\vartheta}{\partial x^2}. \qquad (1)$$

Рівнянню (1) повинні задовольняти наступні початкові і граничні умови:

$$\left.\begin{array}{l} A_{\tau 1}\lambda\dfrac{\partial \Delta\vartheta}{\partial z} - A_{\tau 2}\sigma'\,\Delta\vartheta + Q; \\ \Delta\vartheta(x,0) = 0 \end{array}\right\} \; при \quad x = 0. \qquad (2)$$

Ввівши позначення, переходимо до безрозмірних координат:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta(x,t) - \vartheta_{ср}}{\vartheta_{ср}}; \qquad \bar{x} = \frac{x}{b}; \qquad \bar{t} = \frac{at}{b^2} = Fo;$$

$$k = \frac{A_{t2}}{A_{T2}}; \qquad Q = Qb/A_{t1}\lambda\vartheta_{ср}; \qquad Bi = \sigma' b/\lambda,$$

де $\Delta\vartheta$; $\vartheta(x,t)$; $\vartheta_{ср}$ – температури: перепаду; поточна; середовища; $\bar{\Delta\vartheta}$ – безрозмірний перепад температури; Fo – критерій Фур'є; A_{t1}, A_{t2} – поверхні: полірована тепло-поглинаюча і матова охолоджувана; Q – кількість теплоти, що виділилася під час тертя; Bi – критерій Біо; a, λ – коефіцієнти температуропровідності і теплопровідності матеріалу обода шківа; σ' – коефіцієнт тепловіддачі між поверхнями шківа і повітрям; t – поточна координата часу або тривалість гальмування; k – динамічний коефіцієнт взаємного перекриття; $\bar{x}$ – безрозмірна товщина ободу шківа; b – ефективна глибина проникнення теплоти.

Диференціальне рівняння (1), початкові і граничні умови (2) можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial \bar{\Delta\vartheta}}{\partial t} = a\frac{\partial \bar{\Delta\vartheta}}{\partial x^2}; \qquad (3)$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{\partial \bar{\Delta\vartheta}}{\partial \bar{x}} - kBi\,\bar{\Delta\vartheta} + Q; \\ \bar{\Delta\vartheta}\left(\bar{x},0\right) = 0 \end{array}\right\} \; при \quad \bar{x} = 0, (z = 0). \qquad (4)$$

Переходячи до узагальненого параметра, диференціальне рівняння (3) можна представити у вигляді:

$$4z\frac{\partial^2\overline{\overline{\Delta\vartheta}}}{\partial z^2}+(2+z)\frac{\partial\overline{\overline{\Delta\vartheta}}}{\partial z}=0. \qquad (5)$$

Вирішити рівняння (5) можна наступним чином:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\partial\overline{\overline{\Delta\vartheta}}}{\partial z}=c_1e^{-\frac{1}{4}z}z^{-\frac{1}{2}};\\&\frac{\partial\overline{\overline{\Delta\vartheta}}}{\partial\bar{x}}=\frac{2\bar{x}}{\bar{t}}\cdot\frac{\partial\overline{\overline{\Delta\vartheta}}}{\partial z}=\frac{2c_1e^{-\frac{1}{4}z}}{\sqrt{\bar{t}}};\\&\overline{\overline{\Delta\vartheta}}=c_1\int e^{-\frac{1}{4}z}z^{-\frac{1}{2}}dz+c_2.\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Рішення (6) повинне задовольняти умовам (4) при z=0:

$$\frac{2a}{\sqrt{\bar{t}}}-kBi\left[\left(a\int e^{-\frac{1}{4}z}z^{-\frac{1}{2}}dz\right)_{z=0}+c_2\right]+Q=0; \qquad (7)$$

при $z=\infty;\ \Delta\vartheta=0$.

Рішенням диференціального рівняння (6), яке задовольняє умовам (7), буде:

$$\overline{\overline{\Delta\vartheta}}=\frac{\overline{\overline{Q}}}{kBi+\frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}}\left[1-erf\left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}}\right)\right]=\frac{\overline{\overline{Q}}}{kBi+\frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}}erf_c\left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}}\right), \qquad (8)$$

де $erf\left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}}\right)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int e^{-\frac{1}{4}z}z^{-\frac{1}{2}}dz=4\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^U e^{-U^2}dU$ – інтеграл Гауса.

Температура поверхні нагрівання визначається з (8) при x=0:

$$\Delta\vartheta_H(t)=-\frac{\overline{Q}}{kBi+\frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}}. \qquad (9)$$

З (9) неважко визначити перепад температури (при $\bar{t}=\infty$), відповідний сталому стану

$$\overline{\overline{\Delta\vartheta}}=\frac{\overline{Q}}{kBi}, \qquad (10)$$

При повторно-короткочасному режимі гальмування процес носить періодичний характер: до наступного гальмування може відбуватися охолодження пари тертя до початкової температури або вона залишається вище початкової, причому від гальмування до гальмування поверхнева температура збільшується.

Час охолодження, як правило, у декілька разів перевищує час гальмування. Для таких умов визначення перепаду температури в процесі охолодження ободу шківа представляє особливий інтерес. Для цього випадку рівнянню (1) повинні задовольняти наступні граничні умови:

при $x=z=0$,

$$A_{t1}\lambda\frac{\partial\Delta\bar{\vartheta}}{\partial\bar{x}}-A_{t2}\delta'\Delta\overline{\vartheta}=0; \qquad (11)$$

при $z=\infty,\ \left(\bar{t}\right)=0$

$$\overline{\overline{\Delta\vartheta}}\left(\bar{x},0\right)=\Delta\overline{\vartheta}_H. \qquad (12)$$

©С.І.Кришопа

Підпорядковував рішення (6) граничним умовам (11), остаточно одержуємо:

$$\overline{\Delta\vartheta_0} = \overline{\Delta\vartheta_H}\left[1 - \frac{kBi}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}} erf_c\left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}}\right)\right]. \qquad (13)$$

Температура охолодження поверхні шківа визначається з умови $\bar{x} = 0$

$$\overline{\Delta\vartheta_0}(t) = \frac{\overline{\Delta\vartheta_H}}{1 + kBi\sqrt{\pi\bar{t}}}. \qquad (14)$$

Маючи закономірності розподілу перепаду температури при нагріванні (6) і охолодженні (13) ободу шківа, можна знайти термічні напруження, які виникають в ньому. У випадку одновимірної задачі, якщо припустити, що властивості матеріалу обода шківа не змінюються і він пружний, для безрозмірних напружень записуємо наступне рівняння:

$$\overline{\sigma} = \frac{\sigma(1-\mu)}{E\alpha_0\vartheta_{cp}\overline{Q}} = \frac{\overline{\Delta\vartheta^*_{cp}} - \overline{\vartheta(x,t)}}{\vartheta_H}, \qquad (15)$$

де σ – напруження; μ – коефіцієнт Пуассона; E – модуль пружності; α_0 – коефіцієнт лінійного розширення, $\overline{\Delta\vartheta^*_{cp}}$ – середня температура поверхні тертя.

Напруження $\overline{\sigma}$ спрямоване у бік стиснення ободу при його тепловому розширенні. Середня температура по товщині ободу шківа при нагріванні визначається за формулою:

$$\overline{\overline{\Delta\vartheta_{cp}}} = \int_0^1 \overline{\Delta\vartheta}\left(\bar{x},\bar{t}\right)d\bar{x} = \overline{\Delta\vartheta}\left(\bar{t}\right)\int_0^1 erf_c\left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}}\right)d\bar{x}. \qquad (16)$$

Інтеграл рівняння (16) має вигляд:

$$\overline{\overline{\Delta\vartheta_{cp}}} = \frac{\overline{Q}}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}}\left[erf_c\left(-\frac{1}{2\sqrt{\bar{t}}}\right) + 2\sqrt{\frac{\bar{t}}{\pi}}\left(1 - e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right)\right]. \qquad (17)$$

При $t \to \infty$ середня температура за товщиною ободу шківа прирівнюється до його сталої температури при нагріванні (10). Згідно (16) середня температура при охолодженні дорівнює:

$$\overline{\overline{\Delta\vartheta_{cp}}} = \frac{1}{2\sqrt{\bar{t}}} - \frac{kBi}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}}\left[erf_c\left(-\frac{1}{2\sqrt{\bar{t}}}\right) + 2\sqrt{\frac{\bar{t}}{\pi}}\left(1 - e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right)\right]. \qquad (18)$$

Безрозмірне напруження будь-якого шару товщини ободу при нагріванні визначається за формулою:

$$\overline{\overline{\Delta\sigma'_H}} = \frac{\overline{\sigma}}{\overline{Q}} = \frac{1}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\bar{t}}}}\left[erf_c\left(\frac{1}{2\sqrt{\bar{t}}}\right) - erf_c\left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}}\right) + 2\sqrt{\frac{\bar{t}}{\pi}}\left(1 - e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right)\right]. \qquad (19)$$

Для оцінки безрозмірного напруження на будь-якій глибині (по нормалі до поверхні тертя) ободу гальмівного шківа, який працює в повторно-короткочасному режимі, використовуємо раніше одержані співвідношення.

При нагріванні $\bar{x} = 0$, тобто на поверхні обода шківа:

$$\overline{\overline{\Delta\sigma^{*}_{1H}}} = \frac{1}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\,\bar{t}}}}\left[2\sqrt{\frac{\bar{t}}{\pi}}\left(1-e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right) - erf\left(\frac{1}{2\sqrt{\bar{t}}}\right)\right]; \qquad (20)$$

при $\bar{\bar{x}} = 1{,}0$

$$\overline{\overline{\Delta\sigma^{*}_{1H}}} = \frac{2\bar{t}}{1 + kBi\sqrt{\pi\,\bar{t}}}\left(1-e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right). \qquad (21)$$

При охолодженні $\bar{\bar{x}} = 0$:

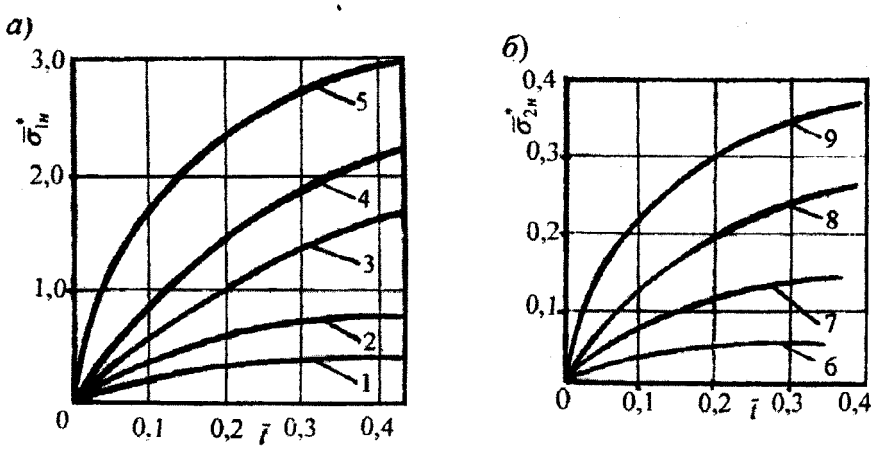
$$\overline{\overline{\Delta\sigma^{*}_{1O}}} = \frac{kBi}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\,\bar{t}}}}\left[\frac{2}{\sqrt{\pi}}\left(1-e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right) - erf\left(\frac{1}{2\sqrt{\bar{t}}}\right)\right]; \qquad (22)$$

при $\bar{\bar{x}} = 1{,}0$

$$\overline{\overline{\Delta\sigma^{*}_{2O}}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\frac{kBi}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi\,\bar{t}}}}\left(1-e^{-\frac{1}{4\bar{t}}}\right). \qquad (23)$$

З використанням рівнянь (20)-(23) побудовані графічні залежності термічних напружень, що виникають при нагріванні і охолодженні ободу шківа для одного циклу (рис. 1 та рис. 2).

Аналіз графіків (див. рис. 1 а, б) показує, що при нагріванні температурні напруження на поверхні обода шківа майже вдесятеро перевищують значення напружень, що виникають в його тілі. Напруження досягають максимуму, коли процес теплоізольований ($Bi = 0$), і прирівнюється до нуля, коли теплообмін нескінченний ($Bi \to \infty$). Істотний вплив на інтенсивність охолодження обода шківа оказує критерій (Bi). Причому із збільшенням тривалості процесу гальмування його вплив зростає.



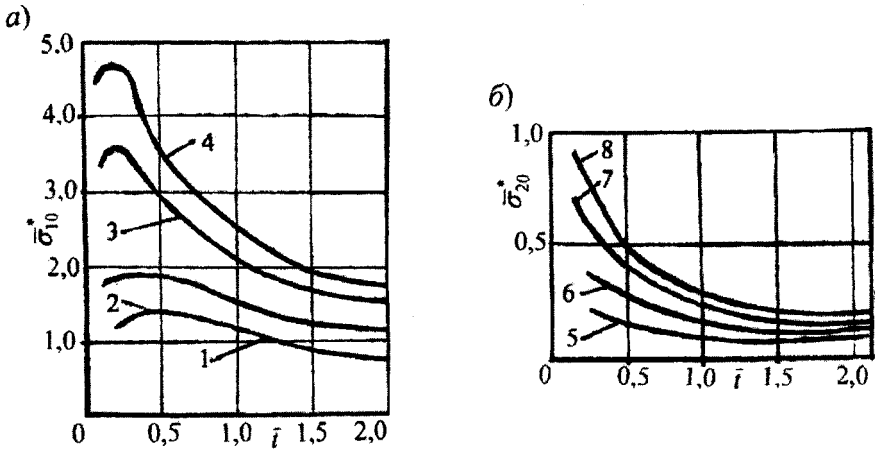
1 – Bi =10,0; 2 – 5,0; 3 – 1,0; 4 – 0,5; 5 – 0 (а – $x = 0$); 6 – Bi =10,0; 7 – 1,0; 8 – 0,5; 9 – 0 (б – $x = 1{,}0$)

Рис. **1 а, б. Залежності величин безрозмірних напружень від величин безрозмірного часу гальмування при нагріванні ободу барабана при різних значеннях критерію Біо**

Аналіз графіків рис. 2 а і б показує, що при охолодженні величини термічних напружень на поверхні тертя ободу майже в п'ять разів більше, ніж в його тілі. Причому напруження досягають максимуму, коли відбувається інтенсивний теплообмін ($Bi \to \infty$) і вони мають мінімальне значення, коли поверхня обода теплоізольована ($Bi = 0$).

Розрахунки показують, що найбільші термічні напруження має поверхня тертя. При нагріванні обода шківа розширення поверхневих шарів викликає напруження стиску. Коли обід

шківа охолоджується від робочої поверхні, стиск зовнішніх шарів викликає розтягування шарів його тіла, які знаходяться нижче. З урахуванням сучасних досягнень матеріалознавства і аналітичних залежностей (20)-(23), розроблені критерії оцінки стану поверхонь тертя і вказані можливі шляхи управління інтенсивністю електротермомеханічного руйнування в парах тертя.



1 – Bi=0,5; 2 – 1,0; 3 – 5,0; 4 – ∞ ; 5 – Bi=0,5; 6 – 1,0; 7 – 5,0; 8 – (б – x =1,0)

Рис. **2 а, б Залежності величин безрозмірного напруження від величин безрозмірного часу гальмування при вимушеному охолоджуванні ободу шківа при різних значеннях критерію Біо**

Явища, що відбуваються при руйнуванні гальмівного барабана під дією теплоти, яка розвивається при терті, обумовлені не тільки високими температурами, але і напруженнями, що виникають від температурних градієнтів. Завдяки високим температурам і температурним градієнтам на поверхні тертя шківів можуть виникати напруження, які, як показав Т.А. Оберлс, значно перевищують напруги від сил тертя. Тому задача обліку термічних напружень не є просто задачею термоміцності. Вона є комплексною задачею теплової динаміки тертя і міцності, оскільки термічне руйнування є наслідком теплоутворення при терті. Ця обставина повинна бути врахована при виборі матеріалів для реального вузла тертя.

Основна частина виникаючих під час тертя напружень зосереджена в приповерхневих шарах металевих елементів тертя (рис. 3), що підтверджується відомою аналітичною залежністю між часом гальмування і ефективною глибиною проникнення теплоти $b = 1{,}73\sqrt{at}$. На плямах фактичного дотику, як це показано Г.А. Фазекасом, А.В. Чичинадзе, В. Черпелем, Ф. Пиггелем та ін., ці напруження стають пропорційними температурі спалаху і викликають сильний нагрів в тонких приповерхневих шарах, що приводить до утворення термічних плям і концентрації мікротріщин.

Тому можна вважати, що в процесі гальмування саме в приповерхневому шарі елементів тертя (залежність (20)) при дії електричного розряду і температурного спалаху $\vartheta_{всп}$ зароджуються тріщини, які обумовлені термічною втомою матеріалу. Ці тріщини розвиваються в результаті охолодження поверхневого шару і виникнення температурного градієнта від ϑ^*, коли термічні напруження в приповерхневому шарі досягають найбільших значень (22) і проходять через максимум (рис. 2 а). При підвищенні температури змінюється характер переміщення структурних складових в матеріалі, знижується міцність границь зерен і збільшується швидкість окислення.

Аналіз механізму зношування фрикційних пар показав, що в умовах циклічного нагрівання і вимушеного охолодження великий вплив на зародження і розвиток тріщин роблять як багатофазність структури, так і термічні властивості окремих фаз. Певну роль в руйнуванні матеріалу грає характер розподілу тріщин по поверхні.

Оскільки температури спалаху можуть швидко досягти декількох сотень градусів, то такий стрибок температури приводить матеріал в стан пластичності, коли опір тертю зменшується. Оскільки тривалість взаємодії на плямах фактичного контакту мікровиступів складає $10^{-3}–10^{-6}$ с, то важливе значення мають не властивості статичної міцності поверхневого шару матеріалу пари тертя, а виникнення втомної міцності, якщо врахувати, що кристалічні грати твердого тіла реагують на дії через $10^{-5}–10^{-8}$ с. Тому перебудова поверхневого шару під дією зовнішніх

електричних і теплових навантажень відбувається саме при переважанні температурного поля, і до моменту досягнення сталої температури поверхневий шар ободу шківа вже знаходиться під дією тих або інших залишкових напружень.

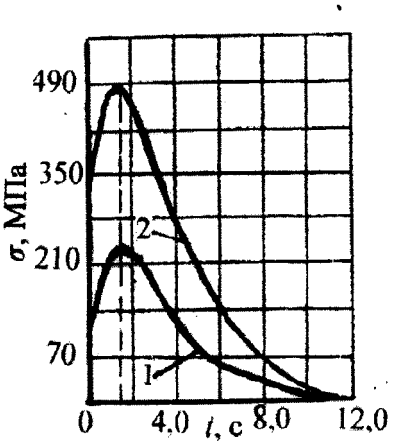


Рис. 3 **Зміна поверхневих напружень в матеріалі ободу шківа, викликані температурами спалаху та температурними градієнтами в процесі гальмування: крива 1 – σ_z ; крива 2 – σ_s .**

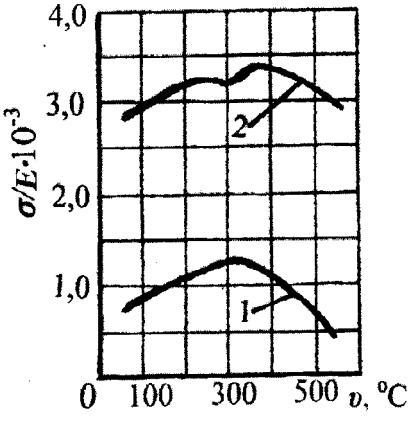


Рис. 4 Ефект впливу поверхневої температури на відносні деформації матеріалу обода шківа: крива 1 – $\sigma_П / E$; крива 2 – σ_s / E .

Проведені розрахунки показали, що значний вплив на основні показники якості поверхневого шару обода гальмівного шківа оказує швидкість протікання теплового процесу. Швидкість електротермомеханічних процесів обумовлює істотну зміну характеру структурних перетворень в поверхневих і приповерхневих шарах, а також фізико-механічних властивостей матеріалу ободу барабана. В процесі тертя зона пластичної деформації не обмежується об'ємом мікронерівностей, а тягнеться углиб матеріалу. При цьому матеріал поверхневого і приповерхневого шарів має невисоку густину дислокацій. При ковзанні дислокації нагромаджуються на деякій відстані від поверхні, відбувається підвищення їх густини, що приводить до утворення мікропорожнин в приповерхневому шарі обода шківа.

Аналіз напруженого стану поверхневого шару ободу барабану при гальмуванні показав, що сили тертя сприяють зміцненню поверхневого шару і виникненню залишкових напружень стиску. Температурні деформації призводять, як правило, до розвитку в поверхневому шарі ефекту зменшення міцності, пов'язаного з утворенням залишкових напружень розтягу.

На глибину нагрівання поверхневих шарів обода барабану, як витікає з формул (22) і (23), оказує істотний вплив інтенсивність вимушеного охолодження (критерій Біо). При однакових параметрах теплового джерела максимальна глибина прогрівання поверхневого шару до заданої температури при охолодженні завжди менше, ніж без охолодження. Наявність тепловіддачі збільшує швидкість вимушеного охолодження поверхні матеріалу, але у міру віддалення від поверхні вплив охолодження зменшується. Це особливо важливо для пар тертя гальм, що працюють в повторно-короткочасному режимі.

Оскільки електротемомеханічна дія впливає на характер зміни швидкостей нагрівання і охолодження, а також температур за товщиною барабану, його можна використовувати при дослідженні впливу умов вимушеного охолодження на кінетику теплового процесу.

Запропонована теоретична модель механізму руйнування в результаті електротемомеханічного навантаження під час тертя підтверджує припущення про утворення поверхневого шару на ободі барабану з низькою густиною дислокацій і інтенсивним тріщиноутворенням в приповерхневих шарах, що добре узгоджується з результатами експериментальних досліджень Ц. Су. Заслуговують уваги також роботи Л.М Рибакової і Л.І. Куксеневої, присвячені методу рентгенографічного дослідження структурних змін в тонкому поверхневому шарі металу під час тертя.

Відомо, що електротеплові і зовнішні навантаження, що прикладені до твердого тіла, викликають напруження міжатомних зв'язків, які через гетерогенність будови більшості твердих

тіл можуть носити локальний характер. Саме на фактичних плямах дотику мікровиступів відбуваються локальні перенапруження, найбільш інтенсивно йде термофлуктуаційний процес розриву міжатомних зв'язків, що приводить до руйнування твердого тіла. Згідно кінетичної концепції міцності електротепловий рух атомів, характеристикою якого є температура, грає істотну роль в руйнуванні твердого тіла.

На рис. 4 показаний вплив температури на відносні деформації $\frac{\sigma}{E}$ обода шківа (де σ_n – границя міцності; σ_s – напруга, що викликана електротемпературними імпульсами). Цей ефект може бути корисним при побудові різних схем розрахунку залишкових мікронапружень, без знання яких неможливо дати повну оцінку стану поверхневого шару матеріалу, що працює в умовах повторно-короткочасного режиму навантаження.

Висновки. Явища теплового руйнування матеріалів пар тертя при гальмуванні є тим механізмом, впливаючи на який можна управляти процесами тертя і зношування. Знаючи основні внутрішні параметри теплового руйнування і вплив на них конструкції, матеріалів, параметрів гальмівних механізмів, режимів гальмування, інтенсивності вимушеного охолодження та ін., можна обґрунтовано управляти цим явищем. Розгляд теоретичної моделі процесу зношування (руйнування) пар тертя барабанно-колодкових гальмівних механізмів транспортних засобів в результаті електротермомеханічного навантаження показує, що на поверхневих шарах металевого елементу тертя густина дислокацій низька, це призводить до тріщиноутворення в його приповерхневих шарах. Розроблена математична модель може служити основою при проектуванні барабанно-колодкових гальмівних механізмів транспортних засобів.

1. Вольченко Д.А. Научные основы управления износо-фрикционными свойствами металлополимерных пар трения тормозов для предотвращения термостабилизационного явления: дис. … докт. техн. наук: 05.02.04/ Вольченко Дмитрий Александрович. – Киев, 2012. – 424 с. – На укр. яз.
2. Основы трибологии / Под ред. Чичинадзе А.В. – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.
3. Киндрачук М. В. Нанотрибология при контактно-термическом взаимодействии в металлополимерных парах трения тормозных устройств / М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко, Н. А. Вольченко, С. И. Криштопа, Д. Ю. Журавлев // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. НАУ – Київ: НАУ, 2012. – Вип. 58. – С. 5-16.
4. Барабанно-колодочные тормозные устройства: Монография / А.А.Петрик, А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко. – В 2-х томах. Том 1. – Краснодар, 2006. – 263.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов - М.: Машиностроение, 1989. - 328 с.
6. 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. – 172с.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2014.

УДК 656.1

В.П.Кужель, А.М.Клименчук
Вінницький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ ДОРОЖНІХ ОБ'ЄКТІВ В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ

Представлено розроблені схеми та алгоритми експериментальних досліджень з визначення дальності видимості об'єкту на дорозі при наявності та відсутності світла фар зустрічного транспортного засобу, наведені одержані експериментальні значення дальності видимості.

Ключові слова: *дальність видимості, схема експерименту, темна пора доби, дорожньо-транспортна пригода, експертиза, дорожній об'єкт*.

Рис 4. Табл 1. Літ 8

В.П.Кужель, А.Н.Клименчук

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Представлены разработанные схемы и алгоритмы экспериментальных исследований по определению дальности видимости объекта на дороге при наличии и отсутствии света фар встречного транспортного средства, приведены полученные экспериментальные значения дальности видимости.

V.P.Kuzhel, A.M.Klymenchuk

JUSTIFICATION OF SCHEMES AND DEVELOPMENT OF ALGORITHMS OF ROAD OBJECT VISIBILITY DISTANCE RESEARCH DURING THE NIGHT-TIME

Presented schemes and algorithms developed experimental studies to determine the object on the road visibility distance in the presence and absence of headlights of oncoming vehicles, are obtained experimental values visibility distance.

When performing an experiment technical expertise conducted in accordance with established schemes and algorithms in an environment as close as possible to the conditions of an accident. When conducting field experiments during the nighttime to consider many factors: weather conditions, the type and condition of the road surface, especially the distinction between the object and its location, illumination and light distribution features that are provided with lights. Most reliable results you need to experiment to determine the visibility, which takes place directly on the stretch of road where the accident occurred.

Pedestrian in a light clothing has a 30% better chance of being recognized during nighttime, and thus the probability of getting into an accident it is much lower probability of recognition in pedestrian clothing with reflective elements even higher, confirming the need for these items in the clothing of pedestrians during the nighttime.

Постановка проблеми

У відповідності з Правилами дорожнього руху України в темну пору доби водій має обирати допустиму швидкість руху в залежності від дальності видимості. Як правило в темну пору доби 70-80% часу автомобілі рухаються у вільному режимі (заміські дороги), тобто з ввімкненим дальнім світлом фар [1]. Також відомо, що біля 50% дорожньо-транспортних пригод (ДТП) (в темну пору доби до 90%) складають наїзди на пішоходів, які й були вибрані в якості основних об'єктів розрізнення в темну пору доби [2].

Росту ДТП в нічний час сприяють наступні фактори: незадовільна освітленість проїзної частини (для більшості доріг повна її відсутність), незадовільний технічний стан систем освітлення, підвищена втомлюваність водіїв, послаблення контролю з боку ДАІ (у водіїв і пішоходів виникають відчуття самовпевненості і безкарності), засліплення водіїв фарами зустрічних автомобілів. Тобто у експертів автотехніків доволі часто виникає потреба проводити дорожні дослідження механізму пригоди в нічний час. Тому задача вибору схеми дорожнього експерименту з оцінки дальності видимості виникає при проведенні автотехнічної експертизи ДТП. Від точності її визначення залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або не винність водія.

При розслідуванні ДТП необхідно встановити такий момент, починаючи з якого водій повинен був приймати міри для їх попередження. Не встановивши механізму ДТП, не можливо виявити її причини, а це, в свою чергу, не дасть змоги визначити правильності і правомірності

©В.П.Кужель, А.М.Клименчук

дій її учасників. Тобто від правильності схеми і алгоритму дорожнього експерименту залежить точність визначення дальності видимості в кожному конкретному випадку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як зазначається в концепції державної програми підвищення безпеки дорожнього руху - стан безпеки дорожнього руху в Україні і наслідки дорожніх транспортних пригод є одними з найгірших у Європі. В Україні за одинадцять попередніх років в населених пунктах скоєно понад 88 тис. ДТП за участю і з вини пішоходів. Поза населеними пунктами їх скоєно майже в 6 разів менше – 15,5 тис. Але в нічний час число пригод з людськими жертвами складає: у містах у 2,5 рази, а на позаміських дорогах у 3 рази більше ніж в світлу пору доби [1].

Зі спеціальної літератури [2–5] відомо, що одним з ключових технічних питань, яке ставиться перед експертом при експертизі ДТП, є питання про наявність у водія технічної можливості запобігти ДТП гальмуванням. Якщо розрахунки покажуть, що у водія була можливість зупинити автомобіль до місця ДТП, то постає питання, чому водій не скористався такою можливістю і не запобіг ДТП.

Розслідування ДТП, які сталися в темну пору доби включає в себе вирішення наступних головних питань [1, 2]: 1) Чи відповідала вибрана водієм швидкість руху автомобіля відстані видимості дороги; 2) Чи мав водій автомобіля технічну можливість запобігти ДТП в момент виникнення небезпеки (перешкоди) для руху; 3) В випадку перевищення водієм швидкості, що визначається за дальністю видимості дороги, чи знаходиться дане перевищення в причинному зв'язку з фактом даного ДТП? Для знаходження відповідей на поставлені запитання необхідно знати: дальність видимості дороги чи відстань загальної видимості, дальність видимості перешкоди чи відстань конкретної видимості. Дані величини визначаються експериментально на основі схем та алгоритмів дорожніх досліджень [6-8].

Метою даної роботи є підвищенні точності визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби за рахунок розроблених схем та алгоритмів проведення досліджень з визначення дальності видимості.

Основні результати дослідження

При виконанні автотехнічної експертизи експеримент проводиться за встановленими схемами та алгоритмом в умовах, максимально наближених до умов ДТП. Тут повинні враховуватись усі фактори, що впливають на видимість, зокрема: погодні умови (сніг, дощ, туман і т.д.); тип, стан і колір покриття, наявність дорожньої розмітки; освітленість (штучне і природне освітлення не повинно суттєво відрізнятися від того, які були на момент ДТП).

Найдостовірніші результати забезпечує експеримент з визначення видимості, який проводиться безпосередньо на ділянці дороги, де сталося ДТП. Допускається проведення експерименту на ділянках, аналогічних ділянці місця ДТП. Інші транспортні засоби (ТЗ) повинні бути встановлені на такій відстані від місця проведення експерименту, щоб світло їх зовнішніх приборів не здійснював вплив на видимість на ділянці проведення експерименту.

ТЗ, що приймали участь у ДТП в темну пору доби, в багатьох випадках отримують значні ушкодження. У такому випадку ТЗ необхідно замінити однотипними, що мають аналогічні характеристики – тип та потужність ламп в фарах, ступінь забрудненості розсіювачів фар і лобового скла. Якщо в експерименті не може бути використаний об'єкт, видимість якого слід встановити, то при виборі аналогічного об'єкта потрібно в першу чергу звернути увагу на елементи, здатні вплинути на його видимість і розпізнавання. Наприклад, якщо даним об'єктом є велосипедист, то потрібно враховувати колір щитків і рами велосипеду, а також необхідно, щоб велосипедист (демонстратор) був одягнений у той самий одяг, що і потерпілий. Коли це неможливо, то на демонстратора одягається аналогічний за виглядом та кольором одяг. Якщо на одежі потерпілого були які-небудь ділянки, що мають світловідбиваючий ефект, то і на одязі демонстратора повинні бути такі ж ділянки. Наведемо алгоритми проведення натурних експериментів з визначення загальної видимості дороги і конкретної видимості нерухомого та рухомого об'єктів при відсутності світла фар зустрічного ТЗ.

Алгоритм визначення загальної видимості дороги і конкретної видимості нерухомого об'єкту при відсутності світла фар зустрічного транспортного засобу.

Хід експерименту. Після того як ділянка проведення експерименту буде огороджена і будуть проведені необхідні роботи по реконструкції місця пригоди, в місці наїзду розміщується об'єкт, видимість якого необхідно встановити. Наприклад, якщо даним об'єктом є лежача людина, то в місці наїзду розміщується манекен (демонстратор) в одязі потерпілого або у схожому за типом і кольором одязі. ТЗ, з якого буде визначатися видимість, розміщується від місця наїзду у напрямку, протилежному напрямку руху перед наїздом, на відстані, з якого об'єкт не розрізняється.

Схеми проведення дорожніх експериментів представлені на рисунку 1 (а, б, в, г – схеми експериментів і залежності від варіанту пересування об'єкту на дорозі).

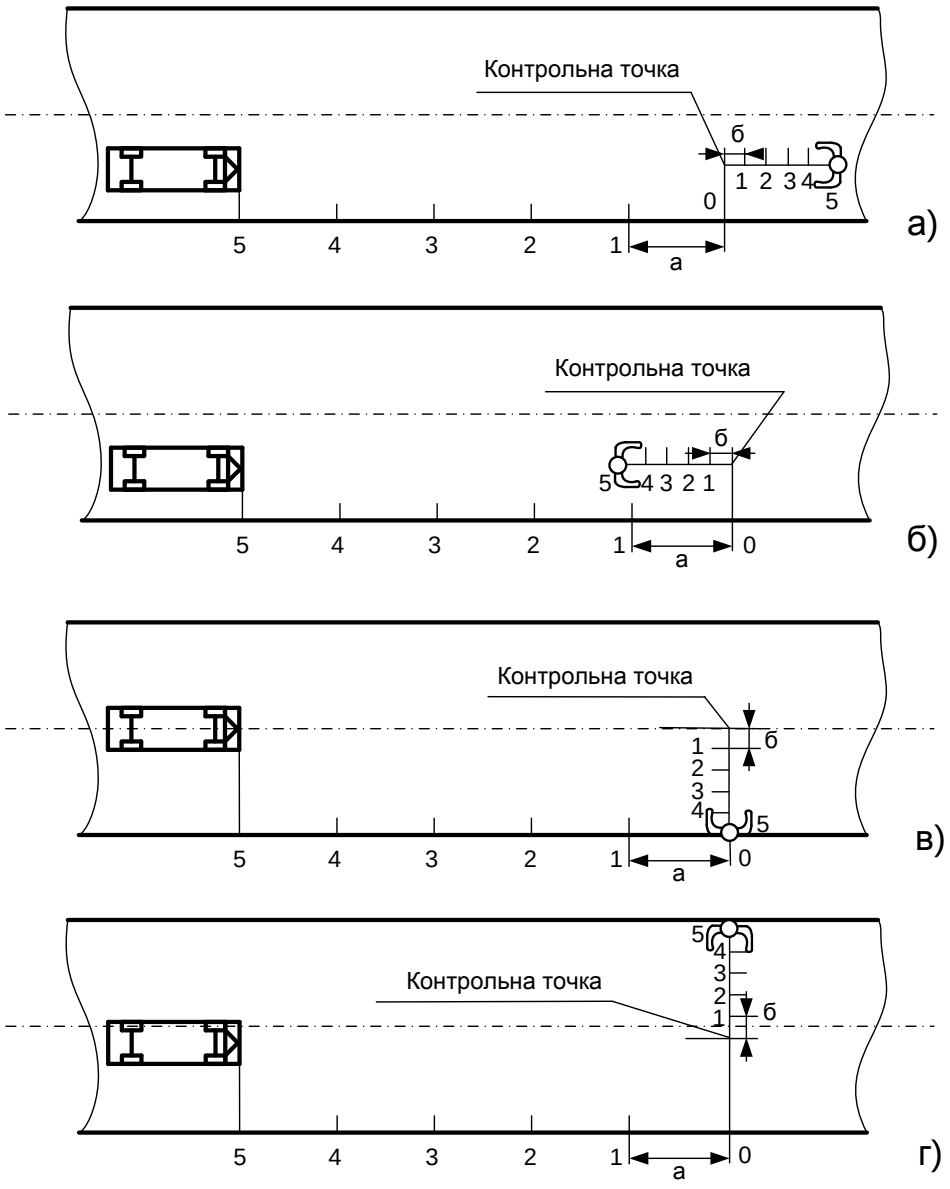


Рис. 1. **Схеми до проведення експериментів**

З місця водія спостерігач і поняті визначають місце, до якого дорога проглядається, наприклад, межа правої кромки проїзної частини з обочиною. У випадку якщо проїзна частина має розмітку у вигляді переривистих ліній, достатньо підрахувати кількість ліній, що видні з місця водія, і виміряти відстань від передньої частини ТЗ до кінця останньої видимої лінії.

Якщо ж права межа проїзної частини проглядається на більшу відстань, чим повздовжня розмітка, а також якщо повздовжньої розмітки немає, видимість дороги визначається відстанню, на якій що розрізняється права межа проїзної частини і обочини.

Відстань видимості дороги може бути також визначено за видимістю дорожніх стовпчиків огорожі. Видимість дорожніх знаків або інших споруд, позначених або непозначених вертикальною розміткою, не у всіх випадках дозволяє визначити напрямок і ширину проїзної частини, тому питання про видимість дороги, виходячи з видимості дорожніх знаків і споруд, вирішується у кожному випадку окремо.

Отже, для визначення місця, до якого проглядається межа правого краю проїзної частини з узбіччям, посилають від стоячого ТЗ вперед по дорозі одного з учасників експерименту, що несе світловідбивач. Світловідбивач слід нести уздовж правої межі проїзної частини на висоті не більше 15-20 см, періодично повертаючи його активною стороною до водія-спостерігача.

Водій-спостерігач, орієнтуючись на проблиски світловідбивача, вказує (по рації або моргнувши світлом фар), в якому місці повинна зупинитися людина, що несе світловідбивач (в місці, до якого межа проїзної частини і узбіччя проглядаються), після чого вимірюється відстань від передньої частини ТЗ до цього місця. Це і буде відстанню видимості дороги у напрямку руху.

Замість світловідбивача можна використати білий листок паперу, який переноситься і періодично повертається то площиною, то ребром так, як і світловідбивач.

В зимовий час колір паперового листа слід підібрати контрастним до снігового покриву.

Необхідність користування світловідбивачем або листом паперу, як показала практика, визначається тим, що людина, що віддаляється від ТЗ, стає невидимою для водія-спостерігача, і його неможна зупинити на місці, до якого проглядається межа проїзної частини і узбіччя.

При визначені видимості необхідно звернути увагу на наступне. При зупинках ТЗ двигун працює на холостих обертах. У випадках слабко зарядженої акумуляторної батареї інтенсивність накалювання ламп фар буде знижуватись. Тому оберти двигуна потрібно підтримувати в межах, що відповідають його обертам для швидкості перед наїздом.

Після встановлення відстані видимості дороги ТЗ, з якого визначається видимість, зі швидкістю 3-4 км/год. рухається у напрямку об'єкта, конкретну видимість якого необхідно встановити. Водій-спостерігач зупиняє ТЗ на місці, з якого об'єкт можна розпізнати за зовнішніми ознаками (силуетом, окресленням ніг, елементам одягу і т.д.). Вимірявши відстань від передньої частини ТЗ до розпізнаного об'єкту, отримаємо відстань конкретної видимості даного об'єкту з місця водія.

Алгоритм визначення загальної видимості дороги і конкретної видимості рухомого об'єкту при відсутності світла фар зустрічного транспортного засобу за умови рухомої перешкоди.

Виходячи зі швидкості транспортного засобу і рухомого об'єкту (наприклад, пішоходу визначаються відстані, що вони проходять за одну секунду.

Шлях, що проходить за одну секунду рухома перепона (пішохід, велосипедист і гужовий візок), зазвичай, визначають експериментально, моделюючи темп їх руху, який корегується очевидцями пригоди (включаючи водія ТЗ, що здійснив наїзд), вимірюючи час проходження ним ділянки певної довжини за допомогою секундоміра. Поділивши довжину ділянки, по межам якої визначався час його проходження, на час проходження ділянки в секундах, отримаємо шлях, що проходить перепона за одну секунду. Наприклад рухома перепона (пішохід) пройшла ділянку 10 м за 7,4 с. поділивши 10 м на 7,4 с отримаємо 1,35 м/с.

Далі від місця наїзду в напрямку, протилежному руху ТЗ, і по шляху його руху відмічають ділянки, рівні відстані, що проходить транспортний засіб за одну секунду (якщо швидкість складала 60 км/г, то відмічають ділянки довжиною 16,6 м). достатня кількість таких ділянок, як показала практика, - 5 (за необхідністю їх кількість може бути збільшено). Від місця ж наїзду в напрямку, протилежному руху пішоходу, на якого був здійснений наїзд, і по шляху його руху розмічають також 5 ділянок, для випадку, що розглядається, – по 1,35 м.

Приклади розмітки ділянки для проведення експерименту по визначенню конкретної видимості рухомого об'єкту при відсутності світла фар зустрічних засобів показані на рис. 4.1 в даних прикладах показані випадки розмітки ділянок для визначення конкретної видимості

рухомого (попутно, на зустріч, зліва направо і з права наліво відносно напрямку руху ТЗ, який здійснив наїзд) пішоходу.

Транспортний засіб і об'єкт розміщуються відповідно на початку ділянок № 5. При цьому транспортний засіб встановлюється передньою частиною на межі ділянки (зазвичай наїзд здійснюється передньою частиною), а об'єкт – на межі своєї 5-ої ділянки встановлюється на рівні місця початкового контакту з ним при наїзді.

Отже, з цього положення визначається видимість дороги і конкретна видимість велосипедиста.

Методика визначення видимості дороги не відрізняється від вище наведеної методики при визначенні видимості дороги і конкретної видимості нерухомого об'єкту при відсутності зустрічного об'єкту.

З місця водія спостерігач і поняті визначають місце, до якого дорога проглядається, наприклад, межа правої кромки проїзної частини з обочиною.

Максимальна відстань від передньої частини ТЗ, на якій з місця водія чітко розрізняються елементи дороги на шляху руху, - визначаємо відстань видимості дороги.

Далі ТЗ і об'єкт рухаються на межі ділянок № 4. Видимість дороги в цьому випадку визначається за необхідності, якщо вона змінюється внаслідок зміни дорожніх умов, наприклад, перехід від підйому до спуску, зміна радіусу закруглення дороги і т.д. На прямих і рівних ділянках дороги видимість дороги, зазвичай, змінюється незначно.

Відстань від передньої частини ТЗ до об'єкту, якому з'явилась чітка можливість розрізнити об'єкт за його характерними ознаками, і буде відстанню конкретної видимості об'єкта.

Якщо можливість виявити ознаки об'єкту з'являються між границями ділянок, то потрібно розбити дану ділянку на частини (наприклад, на дві частини, що буде відповідати шляху за 0,5 с; або на 4 частини, що буде відповідати шляху за 0,25 с) і послідуюче переміщення ТЗ і об'єкту здійснювати не на цілу ділянку, а на відповідні його частини для більш точного визначення відстані конкретної видимості.

Розробка алгоритмів експериментальних досліджень.

Основними задачами експериментальних досліджень є:

−отримання результатів вимірювання дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби в дорожніх умовах, а також дальності видимості об'єктів на дорозі в залежності від відстані між зустрічними автомобілями;

−розрахунок значень дальності видимості на основі проведених дорожніх випробувань для побудови навчаючої вибірки;

Робота проводилась у наступній послідовності:

−вибір обладнання та вимірювальної апаратури;

−вибір режимів роботи фар для дорожніх випробувань;

−вимірювання вибраних показників ефективності світлових систем.

Експериментальне дослідження впливу засліпленості водія, що створюється фарами зустрічного автомобіля, на дальність видимості об'єктів на дорозі.

Отже, з метою дослідження впливу засліпленості водія фарами зустрічного автомобіля на зміну дальності видимості об'єкта в темний час доби був проведений натурний (дорожній) експеримент. Розроблена схема проведення експерименту з поясненнями зображених елементів, структурних частин та розмірів приведена на рис. 2.

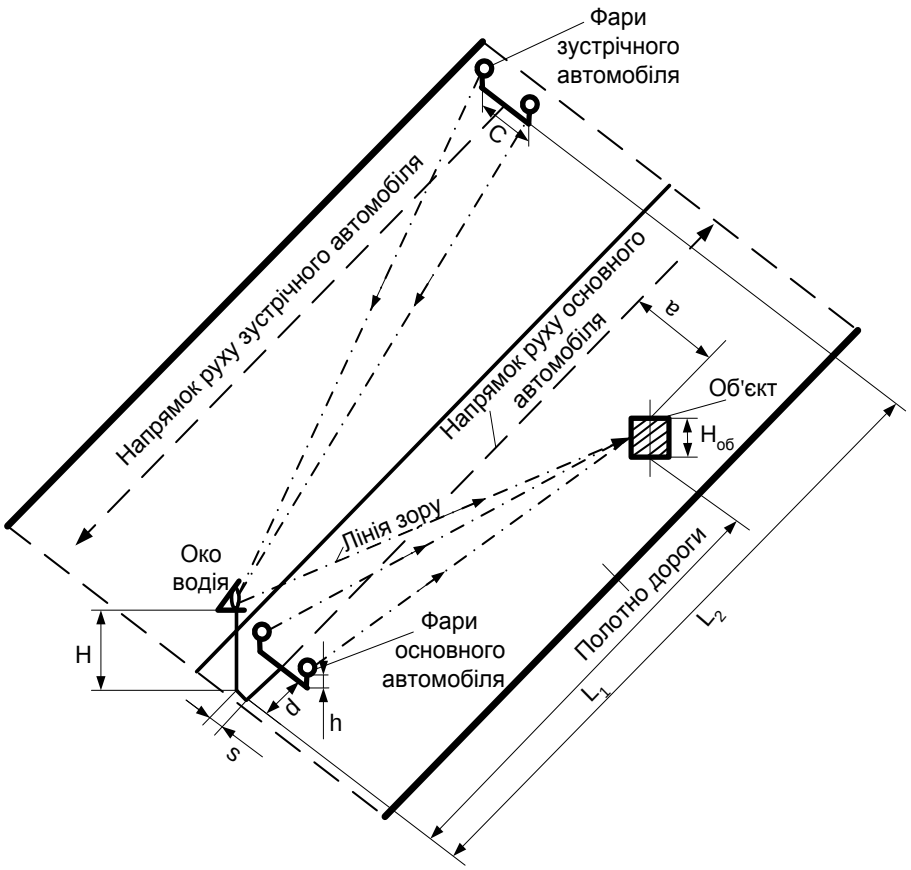


Рис. 2. **Схема до експерименту з визначення дальності видимості об'єкту на дорозі при наявності світла фар зустрічного транспортного засобу**

Ділянка автомобільної дороги довжиною 500 м, на якій проводився експеримент, була огороджена для того, щоб світлові прилади інших транспортних засобів не могли впливати на видимість. Характеристики обраної ділянки дороги: горизонтальна, протяжністю біля одного кілометру з твердим асфальтобетонним покриттям, негоризонтальність не перевищує 1,5%. Швидкість вітру під час випробувань не перевищувала 4 м/с, температура повітря знаходилась в межах 15-25°С. У даному експериментальному дослідженні брали участь 5 спостерігачів з гостротою зору 0,9…1,0. Як допоміжні засоби були використані: 20-метрова рулетка, світловідбивач, крейда для розмітки проїзної частини, пронумеровані фішки.

Експериментальні дані були отримані при дослідженнях засліплення, що створюється фарами з галогенними лампами типу Н4 (12 В, 60-55 Вт), встановленими на автомобілях, що пересуваються по стандартній дорозі з двома смугами руху (ширина проїзної частини 7,5 м, відстань між автомобілями 3 м). Слід також зазначити, що ділянка дороги між автомобілями була розбита крейдою і фішками на ділянки по 10 м (рис. 3).

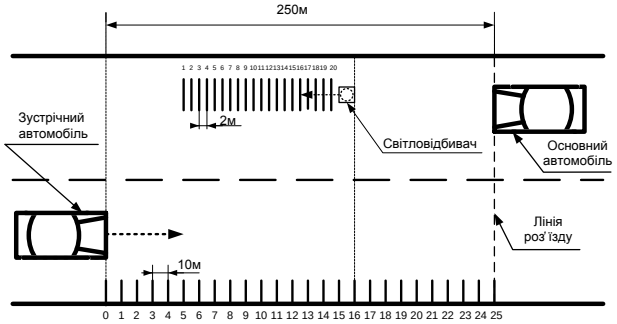


Рис. 3. **Розташування транспортних засобів на початку експерименту**

Алгоритм проведення експерименту:

1. Транспортні засоби (основний автомобіль і зустрічний автомобіль) – учасники експерименту – були розміщені в напрямку їх руху на відстані 250 м один від одного.

2. Спостерігачі з місця водія (по черзі) мали можливість визначати відстань, на якій вони розрізняють елементи дороги (чітко розрізняють світловідбивач), для об'єктивності використовувались 5 спостерігачів.

3. Видимість елементів дороги визначалася найбільшою відстанню, на якій ще розпізнається права границя проїзної частини й узбіччя.

4. При визначенні видимості елементів дороги попереду по правому узбіччю посилався один учасник експерименту зі світловідбивачем, який учасник періодично повертав активною поверхнею убік спостерігачів.

5. Спостерігачі за відблисками світловідбивача вказували на місце, де елементи дороги ще розпізнаються, після чого вимірювалась відстань від передньої частини транспортного засобу до цього місця.

6. Відстань, яка була вказана спостерігачами, і є видимістю дороги в напрямку руху, яку потрібно було визначити.

7. Потім автомобілі зближувались (зближення автомобілів проводилося від відстані між ними 250 м до 0 м - до моменту їх зустрічного роз'їзду, причому рухався лише один автомобіль, а інший залишався нерухомим) і хід проведення експерименту повторювався.

8. Усереднені результати вимірювань за пунктом 6 зводились у графік для подальшого аналізу (рис. 4).

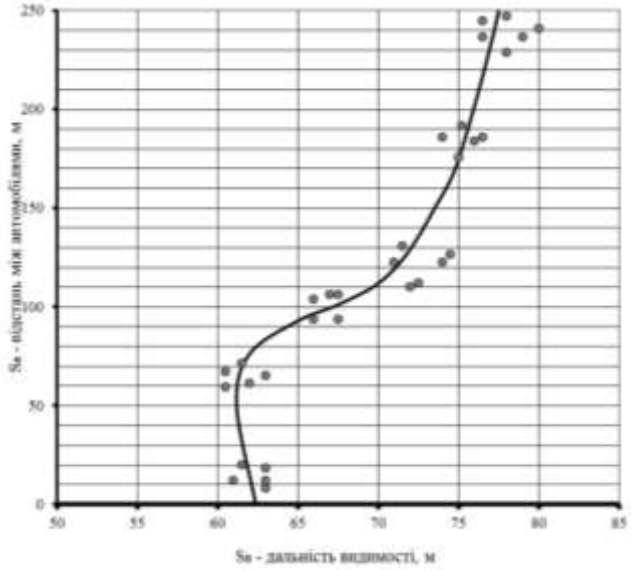


Рис. 4. **Залежність дальності видимості від відстані між автомобілями**

Отже, проаналізувавши одержану графічну залежність можна зазначити, що з моменту зближення автомобілів на відстань 200-250 м під дією сліпучої блискучості фар починається процес скорочення дальності видимості об'єктів. На ділянці 0,2 км водії в тій чи іншій мірі втрачають видимість, при S_a = 110 м дальність видимості зменшується на 15%, при S_a = 70 м – на 23%. Подальше зближення автомобілів практично не впливає на зміну видимості.

Проведемо аналіз отриманих експериментальних даних.

Отже дослідження показали, що необхідна для розрізнення об'єкта освітленість зростає зі збільшенням відстані до нього, тобто вважати значення освітленості постійним не вірно. Для ближнього світла фар освітленість найбільш інтенсивно зростає при зменшенні відстані до автомобіля з 40 до 10 м, а для дальнього світла фар – з 70 до 10 м.

Дослідження дальності видимості тест-об'єктів на дорозі при дальньому світлі фар автомобілів, які брали участь в експериментах, показали, що в комплексі отримані значення дальності видимості для різних автомобілів з галогенними фарами незначно відрізняються (не більше 10%) і знаходяться в близьких межах (табл. 1).

Таблиця 1

Усереднені експериментальні значення дальності видимості в залежності від автомобілів, які використовувались в експериментах

Група автомобілів	Значення дальності видимості тест-об'єктів, м					
	Пішохід у світлому одязі		Пішохід у темному одязі		Пішохід у одязі зі світловідбиваючими елементами	
	силует.	конкр.	силует.	конкр.	силует.	конкр.
Opel Astra -G	205-215	175-190	130-135	108-117	135-140	125-132
Daewoo Lanos, Sens	190-210	158-175	114-121	90-112	118-125	108-115
ВАЗ - 11183, 11193	200-218	170-188	125-135	95-115	130-140	120-130
ВАЗ - 2170	200-220	167-185	122-131	90-112	128-135	117-125
ВАЗ – 2110, 2111	200-218	165-183	120-130	90-110	125-135	116-123
ВАЗ – 2115, 2114, 2113, 21099, 21093	190-210	160-175	112-120	90-110	118-125	108-115
ЗАЗ – 110307 – 42	190-208	158-175	115-124	90-103	120-128	109-118

Висновки

1. При проведенні натурних експериментів в темну пору доби слід враховувати велику кількість факторів.

2. Наявність сліпучої блискучості фар зустрічних автомобілів суттєво знижує видимість дороги і дорожніх об'єктів (майже на 25%). А це, в свою чергу, зменшує величину безпечної швидкості руху транспортних засобів по дорогам загальної мережі. Адже з моменту зближення автомобілів на відстань 200-250 м під дією сліпучої блискучості фар починається процес скорочення дальності видимості об'єктів. На ділянці 0,2 км водії в тій чи іншій мірі втрачають видимість.

3. Пішохід у світлому одязі має на 30% більше шансів бути розпізнаним в темну пору доби, а отже ймовірність попадання його в ДТП значно нижча, ймовірність розпізнавання пішохода у одязі зі світловідбиваючими елементами ще вища, що підтверджує необхідність застосування цих елементів на одязі пішоходів в темну пору доби.

1. Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем Державної автомобільної інспекції України, Аварійність на автошляхах України. Режим доступу : http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm
2. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод / [Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. та інші.]. – Київ: Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
3. Использование специальных познаний в расследовании дорожно-транспортных происшествий / [Кривицкий А. М., Шапоров Ю. И., Фальковский В. В. и др.] : под общ. ред. : канд. техн. наук Кривицкого А. М. и канд. юрид. наук Шапорова Ю. И. – Мн. : Харвест, 2004. – 128 с.
4. Кужель В.П. Методика зменшення невизначеності в задачах авто технічної експертизи ДТП при ідентифікації дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби : Монографія / В.П. Кужель, А.А. Кашканов, В.А. Кашканов. ВНТУ, 2010. – 200 с.
5. Волков В.П. Совершенствование методов автотехнической експертизы при дорожно-транспортных происшествиях. Совершенствование методов автотехнической експертизы при дорожно-транспортных происшествиях. Монография / В.П. Волков., В.Н. Торлин, В.М. Мищенко, Кашканов А.А. и др. Харьков.: ХНАДУ. 2010. – 476 с.
6. Кужель В. П. Оцінка дальності видимості дорожніх об'єктів у темну пору доби при експертизі ДТП за допомогою нечіткої логіки / В. П. Кужель // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – №41. – С. 91–95.
7. Кашканов А.А. Вплив засліпленості водія на вибір безпечних режимів руху /А.А. Кашканов, В.П. Кужель // Вісник ВПІ. – 2003. – № 5. – С. 63–66.
8. Кужель В.П. Дослідження особливостей сприйняття дорожньої обстановки водієм в темну пору доби / В.П. Кужель // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. №3 (62), Том 2, 2012. – С. 94 – 101.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2014.

©В.П.Кужель, А.М.Клименчук

УДК 004.942:656.02

О.Ф.Кузькін
Запорізький національний технічний університет

РОЗВИТОК МАРШРУТНИХ МЕРЕЖ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ВЕЛИКИХ МІСТ УКРАЇНИ

Проаналізовано розвиток маршрутних мереж міського транспорту загального користування п'яти великих міст України. Розраховані показники розвитку маршрутних мереж з використанням методів теорії графів та теорії комплексних мереж. Подано змістовний порівняльний аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: *міська маршрутна мережа, топологічний аналіз.*

Рис 2. Табл. 4. Форм 16. Літ 11

Проанализировано развитие маршрутных сетей городского транспорта общего пользования пяти крупных городов Украины. Рассчитаны показатели развития маршрутных сетей с использованием методов теории графов и теории комплексных сетей. Представлен содержательный сравнительный анализ полученных результатов.

Ключевые слова: *городская маршрутная сеть, топологический анализ.*

This article proposes a analyses of transit route networks of five large Ukrainian's cities with the population 0,5-1,0 million inhabitants (Doneczk, Zaporizhzhya, Kryvyj Rig, Lviv, Odessa) by methods of the classical graph and complex networks theories on the basis of statistical data. Transit route networks for the analysis are presented in the form of graphs in three spaces (stops, changes and routes). The network development indicators, characterizing their development, such as cyclicity, complexity, connectivity, coverage and directness are calculated for the researched networks. The node degree distribution laws are defined in different spaces. Statistical indicators of transit networks as complex networks, such as clustering coefficient, assortativity coefficient, average and maximal shortest paths values are calculated also.

Analysis shows that in space of stops all investigated transit networks are scale-free with positive assortativity and have power law distribution of node degrees. This points that this networks belong to the random scale-free networks class using preferential attachment mechanism (Barabasi-Albert model). In space of changes the transit network models are close to "small-world" network models of Wattz-Strogatz with exponential laws of node degree distribution and rather small values of average shortest path length. The uniform distribution of node degrees is founded for network models in space of routes presentation. Clustering coefficient and average shortest path length values correspond to properties of regular networks in this case.

The comparative object analysis of the received results is worked out. The object interpretation of network indicators and statistical characteristics in different spaces is given in relation to urban transit. The steps of further researches are defined.

Keywords: *urban transit network, topological analyses.*

Вступ. Міський маршрутний транспорт загального користування є невід'ємною частиною інфраструктури сучасного міста. Окрім функції забезпечення можливостей пересування у міському просторі більшості мешканцям міста, міський громадський транспорт виконує важливу соціальну функцію, надаючи можливість пересування тим мешканцям, які з різних причин не мають власний транспортний засіб, або не можуть використовувати його для пересування (неповнолітні, малозабезпечені, особи з обмеженими фізичними можливостями, люди похилого віку тощо).

У більшості міст світу організація транспортного обслуговування населення побудована на маршрутній технології. Така технологія є ефективною за умови стійких пасажиропотоків і передбачає рух пасажирських транспортних засобів за наперед визначеними *маршрутами* зі здійсненням пасажирообміну на *зупинках*, розташованих вздовж траси маршруту. Сукупність всіх маршрутів утворює *маршрутну мережу* міського громадського транспорту.

Топологічні і просторові характеристики розвитку міської маршрутної мережі зумовлюють низку результативних показників якості транспортного процесу перевезення пасажирів, зокрема таких, як доступність, тривалість пересування, рівень пересадочності. У даній роботі виконано порівняльний аналіз рівня розвитку маршрутних мереж міського громадського транспорту п'яти великих міст України з використанням методів теорії графів і сучасної теорії складних мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій та постановка проблеми. Перші показники розвитку маршрутних мереж міського громадського транспорту були запропоновані А. Х. Зільберталем у [1]. У подальших роботах науковців, зокрема [8, 9], запропоновано низку показників (індикаторів) розвитку маршрутних мереж, що базуються на класичній теорії графів. Протягом останніх років, завдяки широкому розповсюдженню геоінформаційних

©О.Ф.Кузькін

систем, що спростило науковцям доступ до інформації про маршрутні мережі міст та її автоматизовану обробку, маршрутні мережі різних міст світу піддаються всебічному аналізу і порівнянню. В цьому аналізі використовуються як методи класичної теорії графів, так і відносно нової міждисциплінарної галузі знань – теорії комплексних мереж [3]. В рамках теорії комплексних мереж виконано низку досліджень реально існуючих маршрутних мереж різних міст світу, зокрема, мереж метрополітену 19 міст світу [6], мультимодальних мереж міського транспорту 14 великих міст світу [11], маршрутних мереж міського автобуса і трамвая 22 міст Польщі [10], чотирьох обласних центрів західного регіону України [2]. В результаті досліджень накопичено порівняльну статистику маршрутних мереж різних міст, встановлено їх спільності та відмінності. Однак, більшість останніх досліджень виконана, скоріше, фахівцями з математики і фізики, ніж у галузі міського пасажирського транспорту. Тож, актуальною є проблема інтерпретації використовуваних показників складних мереж у предметній галузі теорії міських пасажирських перевезень з метою порівняльного аналізу маршрутних систем різних міст та подальшого встановлення впливу цих показників на результативні показники функціонування систем міського пасажирського транспорту.

Мета дослідження. Метою даної статті є порівняльний аналіз розвитку маршрутних мереж міського транспорту загального користування п’яти великих міст України з населенням 0,5–1,0 млн. мешканців методами теорій графів і складних мереж та предметна інтерпретація показників розвитку цих мереж у галузі міських пасажирських перевезень.

Загальна характеристика досліджуваних міст та їх маршрутних мереж. Для аналізу були обрані маршрутні мережі п’яти міст України: Донецька, Запоріжжя, Кривого Рогу, Львова та Одеси. Всі міста, окрім Одеси, відносяться, згідно ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських та сільських поселень» до групи крупних міських поселень. Місто Одеса відноситься до групи найкрупніших міських поселень. Загальна характеристика міст та їх маршрутних мереж наведена у таблиці 1. Досліджувані маршрутні мережі представлені наземними видами транспорту (автобус, тролейбус, трамвай), окрім Кривого Рогу, де діє лінія швидкісного трамваю з наявністю ділянок, розташованих нижче рівня земної поверхні.

Таблиця 1

Загальна характеристика досліджуваних міст та їх маршрутних мереж

Показник	Значення показника для міста				
	Донецьк	Запоріжжя	Кривий Ріг	Львів	Одеса
1. Площа міської території, км^2	358	331	410	182	237
2. Чисельність населення (станом на 01.03.2014 р.), тис. мешканців*	965,2	765,9	654,2	757,5	1016
3. Кількість маршрутів громадського транспорту разом**	120	114	120	71	111
у тому числі:					
автобус та маршрутне таксі	99	95	83	51	79
тролейбус	11	9	22	10	11
трамвай	10	10	15	10	21
4. Кількість зупинок на маршрутній мережі	706	458	351	336	553

* – за даними Державної служби статистики України (www.ukrstat.gov.ua)

** – за даними інтернет-ресурсу www.eway.in.ua

Представлення міських маршрутних мереж як графів.

Найбільш зручним для аналізу є представлення маршрутної мережі у вигляді *графа*. Як відомо, *графом* $G(V,E)$ у математичній теорії графів називається сукупність двох множин: не порожньої множини V, кожний елемент якої називається *вершиною* графа та множини неупорядкованих пар вершин E з множини V, що представляють собою *ребра* графа [9]. Кожна вершина графа $v_i \in V$ ідентифікується її порядковим номером i у множині V. Якщо деяка пара вершин v_i та v_j з’єднана ребром (i,j), то кажуть, що ці вершини є суміжними, а відповідне ребро є інцидентним даним вершинам.

Міську маршрутну мережу у вигляді графа можна представити різними способами. Кожний з таких способів прийнято називати *простором* [11]. Зокрема, виділяють: *простір зупинок* (L-простір), *простір пересадок* (P-простір) та *простір маршрутів* (C-простір). Приклад представлення фрагменту маршрутної мережі, яка налічує сім зупинок (1–7) та три маршрути (A, B та C), у різних просторах наведений на рис. 1.

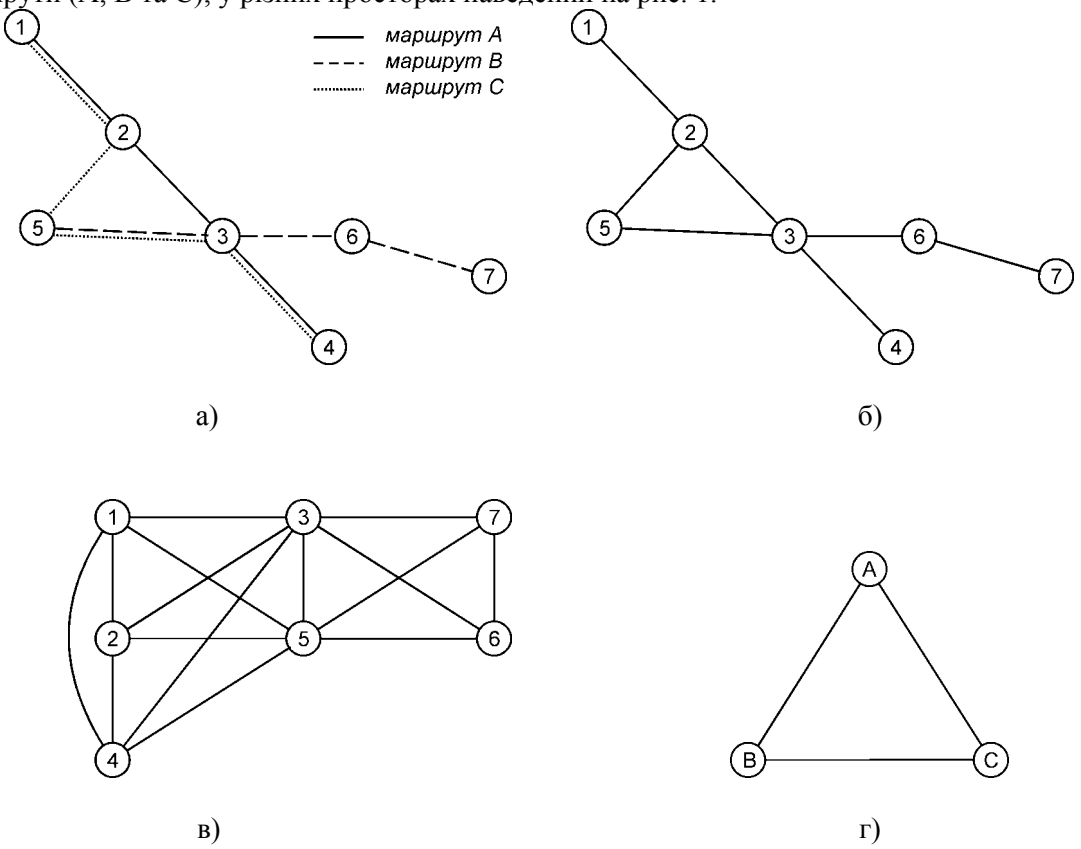


Рис. 1. **Представлення міської маршрутної мережі (а) у різних просторах: L-простір (б), P-простір (в), C-простір (г)**

Простір зупинок (L - простір) є простим графом, вершини якого представляють собою *зупинки* міського громадського транспорту. Дві вершини з'єднуються ребром у тому випадку, коли зупинки, що відповідають цим вершинам, є безпосередньо послідовними на хоча б одному з міських маршрутів (рис. 1, б). Зауважимо, що вершини, з'єднані ребром у цьому просторі, фізично можуть не бути послідовними на вулично-дорожній мережі, по якій прокладені маршрути. Така ситуація можлива у випадках, коли на деяких зупинках зупиняються транспортні засоби не всіх маршрутів, що проходять через них (наприклад, за наявності експресного режиму руху).

Простір пересадок (P - простір) є простим графом, вершини якого представляють *зупинки* міського транспорту. Дві вершини з'єднуються ребром у тому випадку, коли зупинки, що відповідають цим вершинам, одночасно належать хоча б одному з маршрутів (рис. 1, в). Таким чином, наявність ребра між вершинами у цьому просторі означає, що пасажир може проїхати між відповідними зупинками без зміни маршруту, тобто, без пересадки.

Простір маршрутів (C - простір) є простим графом, вершини якого представляють собою *маршрути* міського транспорту. Дві вершини з'єднуються ребром у тому випадку, коли маршрути, що відповідають цим вершинам, мають хоча б одну спільну зупинку (рис. 1, г).

Індикатори розвитку маршрутних мереж.

До індикаторів розвитку маршрутних мереж відносять: степінь циклічності α, степінь складності β, степінь зв'язності γ, індекс покриття σ, індекс прямолінійності τ.

Степінь циклічності мережі α характеризує наявність циклів у ній і розраховується за формулою [7]:

$$\alpha = \frac{E - V + P}{E_{\max} - (V - 1)}, \tag{1}$$

де E – кількість ребер мережі; V – кількість вершин мережі; P – кількість ізольованих компонентів мережі; $E_{\max}$ – максимально можлива кількість ребер мережі.

Оскільки маршрутні мережі зазвичай складаються з одної зв'язної компоненти, то $P = 0$. Максимальна кількість ребер мережі $E_{\max}$ відповідає кількості ребер у повному графі з V вершинами і розраховується за формулою

$$E_{\max} = \frac{1}{2}V(V - 1) \tag{2}.$$

Значення степені циклічності мережі простого графа α належить діапазону $[0,1]$, при цьому $\alpha = 0$ для мережі без циклів (дерева) та $\alpha = 1$ для повного графа (регулярного графа K_v степені $V - 1$).

Степінь складності мережі β визначає середню кількість ребер графа, що припадає на одну його вершину, і розраховується за формулою [7]:

$$\beta = \frac{E}{V}. \tag{3}$$

Значення степені складності мережі без циклів (дерева) завжди $\beta < 1$.

Степінь зв'язності мережі γ виражає відношення між кількістю ребер графа E та максимально можливою кількістю ребер графа $E_{\max}$ [7], тобто

$$\gamma = \frac{E}{E_{\max}} \tag{4}.$$

Індекс покриття σ характеризує частку міської території, що обслуговується лініями міського маршрутного транспорту і розраховується за формулою [5]:

$$\sigma = \frac{r^2 \pi V}{S}, \tag{5}$$

де r – радіус зони пішохідної доступності зупинки, км. Приймається зазвичай $r = 0{,}5$ км, але в залежності від місцевих умов може складати від 0,4 до 1,0 км; S – площа території міста, км^2.

Індекс прямолінійності τ визначається як відношення кількості маршрутів на мережі M до максимальної кількості пересадок на найкоротшому шляху максимальної довжини δ [5]:

$$\tau = \frac{M}{\delta}. \tag{6}$$

Значення δ чисельно дорівнює вираженій у кількості ребер довжині максимального найкоротшого шляху на мережі $\ell_{\max P}$, тобто діаметру мережі, представленої у просторі пересадок.

Результати розрахунків індикаторів розвитку маршрутних мереж досліджуваних міст, представлених у різних просторах, наведені у таблиці 2. Нижні індекси розрахованих показників відносяться до відповідних просторів.

Топологічні характеристики маршрутних мереж.

До основних топологічних характеристик маршрутних мереж у теорії складних мереж відносять [11]: середню степінь вершини мережі $\langle k \rangle$ та закон розподілу степенів вершин мережі $p(k)$; середню $\langle \ell \rangle$ та максимальну $\ell_{\max}$ довжину найкоротшого шляху на мережі; кластерний коефіцієнт C; коефіцієнт асортативності r.

Розподіл степенів вершин $p(k)$ є однією з її найважливіших характеристик мережі. Степінь вершини дорівнює кількості ребер, що є інцидентними даній вершині, і може бути обчислена за допомогою матриці суміжності графа [4]. Якщо a_{ij} – елемент матриці суміжності мережі $A = \{a_{ij}\}$ розміром $V \times V$, який дорівнює $a_{ij} = 1$, якщо вершини v_i та v_j є суміжними, або $a_{ij} = 0$ у противному випадку, степінь вершини v_i визначається як сума

$$k_i = \sum_{j=1}^{V} a_{ij} \,. \tag{7}$$

Відповідно, середня степінь вершини мережі визначається як середнє арифметичне степенів всіх її вершин

$$\langle k \rangle = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{V} k_i \,. \tag{8}$$

Таблиця 2

Індикатори розвитку маршрутних мереж

Показник (індикатор)	Значення показника для маршрутної мережі міста				
	Донецьк	Запоріжжя	Кривий Ріг	Львів	Одеса
$V_L = V_P$	706	458	351	336	553
V_C	120	114	120	71	111
E_L	951	575	475	564	934
E_P	22383	15530	13449	15626	34392
E_C	2068	2690	2707	1115	1938
δ	4	4	5	3	4
α_L, $\times 10^{-3}$	0,987	1,12	2,03	4,08	2,51
α_P	0,087	0,145	0,214	0,273	0,223
α_C	0,277	0,407	0,368	0,432	0,305
β_L	1,347	1,255	1,353	1,678	1,689
β_P	31,70	33,91	38,32	46,51	62,19
β_C	17,23	23,60	22,56	15,70	17,45
γ_L, $\times 10^{-3}$	3,821	5,494	7,733	10,02	6,119
γ_P	0,090	0,148	0,219	0,278	0,225
γ_C	0,290	0,418	0,379	0,449	0,317
$\sigma_L = \sigma_P$	1,549	1,087	0,672	1,450	1,833
τ	30	28,5	24	23,6	27,75

Середня довжина найкоротшого шляху мережі $\langle \ell \rangle$ і довжина максимального найкоротшого шляху $\ell_{\max}$ є лінійними характеристиками мережі. Величина $\langle \ell \rangle$ розраховується як середнє арифметичне найкоротших шляхів між всіма парами вершин мережі $\tilde{\ell}_{ij}$, виражених у кількості ребер мережі

$$\langle \ell \rangle = \frac{2}{V(V-1)} \sum_{\substack{j=1 \\ i>j}}^{V} \tilde{\ell}_{ij} \,. \tag{9}$$

Кластерний коефіцієнт i-ї вершини мережі C_i визначає імовірність того, що дві вершини, суміжні даній, також є суміжними і розраховується за формулою

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)}, \tag{10}$$

де E_i – загальна кількість ребер, які зв'язують між собою всі вершини, суміжні даній вершині.

Кластерний коефіцієнт мережі в цілому визначається як середнє арифметичне кластерних коефіцієнтів всіх її вершин

$$C = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{V} C_i \,. \tag{11}$$

Виходячи з визначення, кластерний коефіцієнт ациклічної мережі (дерева) дорівнює $C = 0$, тоді як кластерний коефіцієнт повного графа дорівнює $C = 1$.

Коефіцієнт асортативності мережі r визначається як коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона між степенями її суміжних вершин і обчислюється за формулою

$$r = \frac{E\sum_{e=1}^{E} k_{ei}k_{ej} - \left[\sum_{e=1}^{E} k_{ei}\right]^2}{E\sum_{e=1}^{E} k_{ei}^2 - \left[\sum_{e=1}^{E} k_{ei}\right]^2}, \qquad (12)$$

де k_{ei}, k_{ej} – степені вершин мережі, інцидентних ребру e.

Значення коефіцієнту асортативності знаходиться у межах від $r = -1$ (дизасортативні мережі) до $r = 1$ (асортативні мережі). У мереж, що не мають чітко вираженої асортативності $r \approx 0$.

У таблиці 3 наведені результату розрахунку топологічних показників маршрутних мереж досліджуваних міст у різних просторах.

Таблиця 3

Топологічні характеристики маршрутних мереж досліджуваних міст у різних просторах

Характеристика	Значення характеристики для маршрутної мережі міста				
	Донецьк	Запоріжжя	Кривий Ріг	Львів	Одеса
$\langle k_L \rangle$	2,694	2,51	2,707	3,357	3,378
$\langle k_P \rangle$	63,41	67,82	76,63	93,01	124,4
$\langle k_C \rangle$	34,47	47,19	45,12	31,41	34,92
$\langle \ell_L \rangle$	17,01	17,42	14,67	9,83	11,618
$\langle \ell_P \rangle$	2,302	2,053	2,076	1,763	1,8526
$\langle \ell_C \rangle$	1,915	1,63	1,849	1,567	1,769
$\ell_{\max L}$ / $\ell_{\max P}$ / $\ell_{\max C}$	49 / 4 / 4	41 / 4 / 3	49 / 5 / 5	31 / 3 / 3	39 / 4 / 3
C_L	0,0998	0,0953	0,1453	0,2582	0,2042
C_P	0,745	0,762	0,7704	0,7118	0,6949
C_C	0,723	0,793	0,8332	0,7118	0,6827
r_L	0,1905	0,2018	0,2142	0,1424	0,2322
r_P	0,051	– 0,049	0,0248	– 0,0879	–0,0238
r_C	0,227	– 0,024	0,2865	– 0,0010	0,1063

На рис. 2 наведені графіки розподілу степенів вершин маршрутних мереж досліджуваних міст, поданих у різних просторах.

Графіки розподілу степенів вершин досліджуваних мереж в L-просторі подані у логарифмічній системі координат, у P-просторі – у напівлогарифмічній системі координат. Для згладжування флуктуацій у просторах P та C застосовано інтегральне перетворення

$$P(k) = \int_{k}^{k_{\max}} p(k)dk = \sum_{i=k}^{k_{\max}} p(i). \qquad (13)$$

Як видно з наведених на рис. 2 графіків, розподіли степенів вершин мереж у L-просторі найбільш близькі до степеневого

$$p(k) = \Gamma k^{-\gamma}, \qquad (14)$$

при цьому ми знехтували вершинами мережі, які мають степінь $k = 1$. Наявність вершин з одиничним степенем є характерним для маршрутних мереж міського транспорту, оскільки у L-просторі вони відповідають кінцевим зупинкам маршрутів.

Розподіл степенів вершин у P-просторі є близьким до експоненціального

$$P(k) = \mathrm{A}\exp(-\alpha k), \qquad (15)$$

а у C-просторі – до рівномірного розподілу

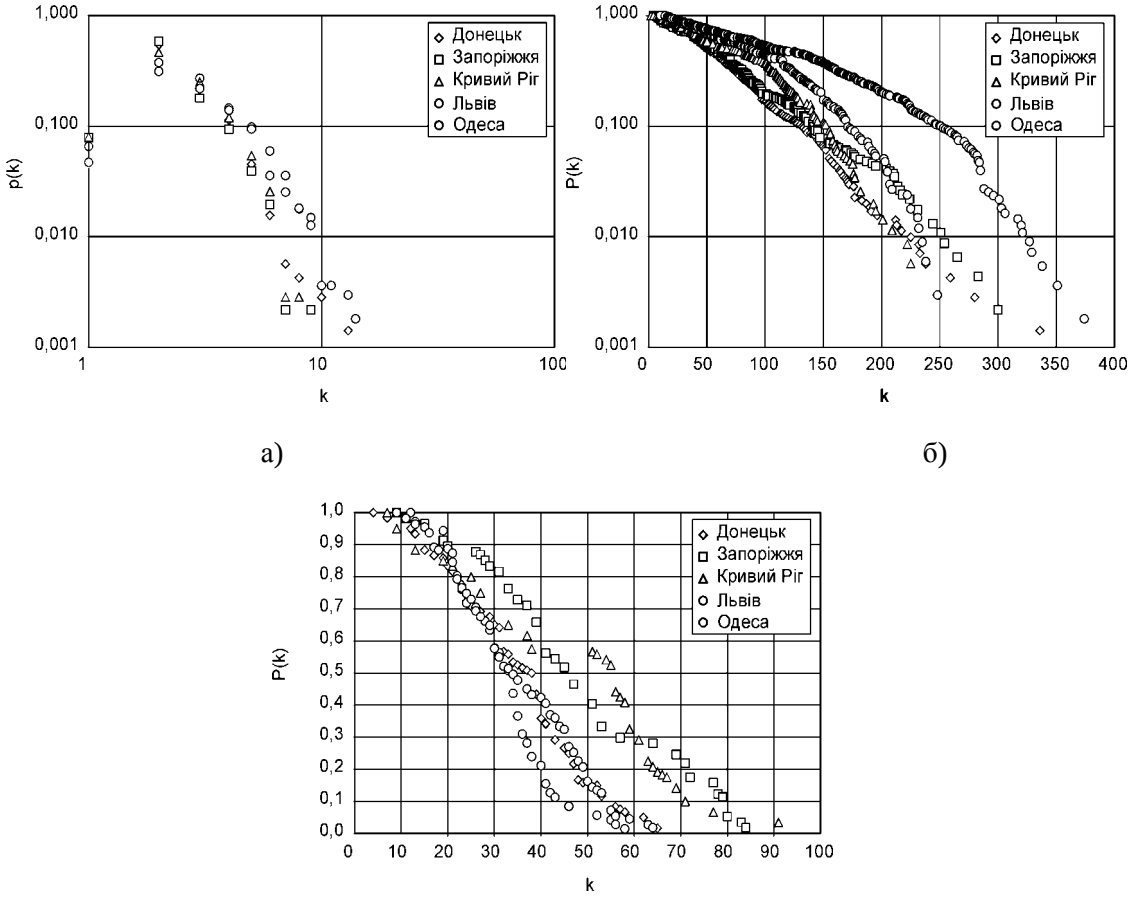
$$p(k) = U = \mathrm{const}. \qquad (16)$$

Значення параметрів розподілу степенів досліджуваних мереж наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Параметри законів розподілу степенів вершин досліджуваних мереж у різних просторах

Параметр	Значення параметра для маршрутної мережі міста				
	Донецьк	Запоріжжя	Кривий Ріг	Львів	Одеса
γ_L / Γ_L	3,49 / 9,09	3,97 / 15,86	3,88 / 15,40	2,53 / 3,81	2,93 / 6,35
α_P / A_P	0,0220 / 1,499	0,0185 / 1,324	0,0193 / 1,659	0,0179 / 1,983	0,0125 / 1,802
U_C / $U_{C'}$	0,0193 / 0,0097	0,0139 / 0,0012	0,0127 / 0,0007	0,0253 / 0,0023	0,0204 / 0,0016



а) б)

в)

Рис.2. **Розподіл степенів вершин мережі у різних просторах: *L* -простір (а), *P* -простір (б), *C* -простір (в)**

Аналіз результатів.

Розраховані індикатори розвитку та показники топології досліджуваних мереж дають змогу зробити деякі висновки щодо якості їх структури з точки зору можливостей пересування пасажирів у них. Такі висновки, втім, не можуть охарактеризувати показники якості та ефективності побудови маршрутної системи в цілому, оскільки не враховують пасажирські кореспонденції між вершинами мережі та пасажиропотоки, що фактично склалися на маршрутах. Таким чином, подальші висновки виходять з припущення, що поїздки пасажирів між всіма парами зупинок або обраний пасажиром маршрут для пересування з усіх можливих є рівноімовірними.

Степінь циклічності мережі α виражає рівень розгалуження мережі та можливість пасажира здійснити поїздку між випадково обраними зупинками декількома альтернативними шляхами. Малі значення α досліджуваних мереж у L-просторі свідчать про їх більше наближення до деревоподібної структури, втім, маршрутна мережа Львова у порівнянні за маршрутною мережею Донецька має значення цього показника у четверо вище. Відповідно,

пасажир у Львові має в середньому вчетверо більше альтернативних шляхів реалізації своєї поїздки. Близьким до нього за сенсом є степінь зв'язності γ, яка виражає імовірність того, що дві випадкові вершини мережі зв'язані ребром. Таким чином, у L-просторі ця імовірність визначає імовірність того, що пасажир реалізує свою поїздку шляхом без проміжних зупинок, у P-просторі – імовірність того, що пасажир здійснить свою поїздку без пересадок, у C-просторі – імовірність того, що, випадково обравши маршрут, пасажир зможе виконати пересадку на випадково обраний інший маршрут.

Степінь складності мережі β виражає середню кількість ребер, що припадають на одну вершину мережі і зв'язані з середньою стелінню мережі $\langle k \rangle$ співвідношенням $\langle k \rangle = 2\beta$. Значення коефіцієнта складності визначає середню кількість альтернативних напрямків, якими може рухатись пасажир з кожної з вершин мережі. Таким чином, у L-просторі він дорівнює середній кількості напрямків руху пасажира з кожної зупинки, у P-просторі – середній кількості зупинок, які досяжні пасажиру без пересадки, у C-просторі – середній кількості маршрутів, на які може здійснити пересадку пасажир з випадково обраного маршруту.

Індекси покриття та прямолінійності, розроблені для аналізу ліній метрополітену, не носять повної інформативності для мереж наземного пасажирського транспорту. Причиною є те, що зазвичай топологічна структура мереж метрополітену є деревоподібною, без дублювання ліній, при цьому зони пішохідної доступності станцій не перекриваються. Втім за розрахованими значеннями цих індексів видно, що розвиток мережі громадського транспорту Одеси значно перевищує аналогічний у Кривому Розі.

Розподіл степенів вершини мереж, значення кластерного коефіцієнту C та середньої довжини найкоротшого шляху $\langle \ell \rangle$ дозволяють зробити висновки щодо розвитку маршрутної мережі та її належності до вже існуючих моделей складних мереж – класичного випадкового графа Ердоша-Рені, моделі «тісного світу» Ваттса-Строгаца та моделі безмасштабних мереж Барабаші-Альберт [3].

Степеневий закон розподілу степенів вершин спостерігається у досліджуваних мережах, представлених у L-просторі. При цьому показник степеня γ є близьким до теоретичної моделі переважного приєднання Барабаші-Альберт, для якої у граничному випадку $\gamma = 3$. Середня довжина найкоротшого шляху у цьому просторі визначає середню дальність поїздки пасажира у мережі, виражену у кількості перегонів. Як видно з результатів, величина середньої дальності поїздки коливається у межах 9,8–17,42. Приймаючи середню довжину перегону рівною 0,5 км, теоретичну середню дальність поїздки у досліджуваних містах можна оцінити у діапазоні від 4,9 км (Львів) до 8,71 км (Запоріжжя).

Розподіли степенів вершин мереж у P-просторі вказують на випадкове приєднання вершин при їх формуванні. Однак, при цьому вони мають великі значення кластерних коефіцієнтів, що наближаються до значення кластерних коефіцієнтів моделей мереж «тісного світу» Ваттса-Строгаца, для яких $C = 0{,}75$. Також у цьому просторі мають місце відносно малі значення середньої довжини найкоротшого шляху у порівнянні з розмірами мережі. Таким чином, моделі мереж у цьому просторі мають ознаки мережі «тісного світу». Середня довжина шляху у цьому просторі характеризує пересадочність на мережі, при цьому середня кількість пересадок між випадково вибраними вершинами мережі дорівнює $\langle \ell_P \rangle - 1$. Відповідно, найменшу пересадочність має маршрутна мережа Львова (в середньому 0,763 пересадки на одну поїздку), найбільшу – маршрутна мережа Кривого Рогу (в середньому 1,076 пересадки на одну поїздку).

Аналіз розподілу степенів вершин мережі у C-просторі показав, що він є близьким до рівномірного. Такий розподіл не зустрічався у раніше проведених дослідженнях маршрутних мереж і тому потребує подальшого аналізу. Зауважимо, що у цьому просторі також спостерігаються великі значення кластерних коефіцієнтів, але середня довжина найкоротшого шляху $\langle \ell \rangle \sim N/2\langle k \rangle$, що є характерним для регулярних мереж. Середня довжина найкоротшого шляху у цьому просторі визначає середню кількість пересадок при здійсненні поїздки на двох випадково обраних маршрутах (вона дорівнює $\langle \ell_C \rangle - 1$).

Коефіцієнт асортативності мережі визначає характер приєднання вершин мережі одна з одною. При коефіцієнті асортативності $r \to 1$, вершини з великими степенями переважно

безпосередньо з'єднуються між собою, у той час як при $r \to -1$ характерним є з'єднання вершин з великими степенями між собою ланцюжками з вершин, що мають малі степені. Аналіз результатів розрахунків показав, що у L-просторі всі досліджувані маршрутні мережі є асортативними. інших просторах мережі виявилися як асортативними, так і такими, що не мають яскраво вираженої асортативності (некорельованими).

Висновки і напрямки подальших досліджень.

Використовуючи статистичні дані про мережі міського маршрутного транспорту загального користування п'яти великих міст України розраховані індикатори їх розвитку – циклічність, складність, зв'язність, покриття, та прямолінійність методами теорії графів. Досліджувані мережі представлені моделями графів у трьох просторах – зупинок, пересадок і маршрутів. Встановлені закони розподілу степенів вершин мереж, розраховані топологічні показники мереж у різних просторах на основі теорії складних мереж: коефіцієнти кластерності, асортативності, середні і максимальні довжини найкоротших шляхів. Встановлено, що досліджувані мережі у просторі зупинок є безмасштабними та асортативними, у просторі пересадок – мережами «тісного світу», у просторі маршрутів – близькими за статистичними характеристиками до регулярних мереж. Подано предметну інтерпретацію розрахованих показників у різних просторах у галузі міських пасажирських перевезень. Подальші напрямки досліджень полягають у пошуку зв'язків між статистичними характеристиками маршрутних мереж та результативними показниками міського пасажирського транспорту, що обслуговує ці мережі, а також показниками транспортної рухливості та якості обслуговування пасажирів у містах.

1. Зильберталь А.Х. Трамвайное хозяйство / А.Х. Зильберталь. – М.Л. : Гострансиздат, 1932. – 304 с.
2. Пасічник В.В. Статистичні закономірності росту мереж громадського транспорту міст західного регіону України [Текст] / В.В. Пасічник, Н.М. Іванущак // Східноєвропейський журнал передових технологій .– 2011 .– №6/4(54). – С. 13–17.
3. 3 Складні мережі / Ю. Головач, О. Олємской, К. фон Фербер [та ін.] // Журнал фізичних досліджень. – 2006. – т.10, №4. – С. 247–289.
4. Харрари Ф. Теория графов / Ф. Харрари. – М. : Мир, 1973. – 300 с.
5. Derrible S. Characterizing metro networks: State, form, and structure / S. Derrible, C. Kennedy // Transportation. – 2010. – №37(2). – P. 275–297.
6. Derrible S. Evaluating, Comparing and Improving Metro Networks / S. Derrible, C. Kennedy // Transportation Research Record. – 2010. – №2146. – P. 43–51.
7. Garrison W.L The structure of Transportation networks / W.L. Garrison, D.F. Marble. – Evanston : Transportation Center Northwestern University, 1962. – 100 p.
8. Kansky K.J. Structure of transportation networks: relationships between network geometry and regional characteristics / K. J. Kansky. – Chicago : University of Chicago, 1963. – 155 p.
9. Musso A. Characteristics of metro networks and methodology for their evaluation / A. Musso, V.R. Vuchic // Transportation Research Record. – 1988. – №1162. – P. 22–33.
10. Sienkiewicz J. Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland [електронний ресурс] / J. Sienkiewicz, J. A. Holyst. – Режим доступу: http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0506/ 0506074v2.pdf.
11. Von Ferber C. Public transport networks: empirical analysis and modeling [електронний ресурс] / C. von Ferber, T. Holovatch, Y. Holovatch, V. Palchykov .– Режим доступуЖ http://arxiv.org/ PS_cache/arxiv/pdf/0803/0803.3514v1.pdf

Стаття надійшла до редакції 01.04.2014.

УДК 629.3.083

Ю.Ю.Кукурудзяк
Вінницький національний технічний університет

ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

В статті описані основні принципи формування і структурування інформаційної бази системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу. Приведений загальний алгоритм створення бази знань та бази даних. Також розглянуті питання ієрархічного структурування інформаційної бази на основі об'єктно-орієнтованого підходу.

Ключові слова: *інформаційна база, технічна експлуатація, моніторинг, технічний стан, система.*
Рис 2. Літ 6.

В статье описаны основные принципы формирования и структурирования информационной базы системы автоматизированного интеллектуально-эксплуатационного мониторинга. Приведен общий алгоритм создания базы знаний и базы данных. Также рассмотрены вопросы иерархического структурирования информационной базы на основе объектно-ориентированного подхода.

The article describes the main principles of the formation and structuring information base system of automatic intellectual and operational monitoring. The algorithm of creating a database is showed. Also hierarchical structuring information database based on an object- oriented approach is considered. The purpose of the automated system of intellectual and operational monitoring in the operation of motor vehicles, there is help available in making correct decisions on operational capabilities or the need for further exploitation of certain technical interventions. To enable operational decision -making to the top place comes the problem of collecting and processing information. It should be accounted that the amount of information must be necessary and sufficient. The process of creating an information base can be roughly divided into two phases. First is the process of obtaining information, and the second stage is the structuring and formation of field for implementation. Structuring databases based on an object- oriented approach involves the creation of separate classes and objects of these classes. Each object operates as a separate entity and should not depend on the functioning of the others. Objects of the same class are characterized by common properties with limited access that complies with the principles of inheritance and encapsulation. Object-oriented approach makes better the implemention the principle of hierarchical structuring information base. Certain types of information are common to all systems of the cars. Creating classes of such information involves the implementation of properties and methods that cover the car in a whole or operating monitoring obgects of higher levels. Objects of these classes should be at the highest levels of the hierarchy. Informational classes of lower levels can be inherited , and this allows the realization of common properties and methods. At the lowest level of the hierarchy are classes that implement the operational monitoring of the "final" objects which are not divided in operational monitoring. These classes can handle the largest volume of diagnostic information. They have a maximum number of properties and methods , except as inherited , each complemented its own characteristics. Forming and updating databases of knowledge is carried out continuously in order to create new diagnostic images identify common problems or a certain type of technical condition of the OEM . Updating databases is possible on the basis of automated operational monitoring , which provided a steady stream of diagnostic information , as well as one-time in-depth diagnostic procedures using fixed diagnostic equipment.

Постановка проблеми. В сучасних умовах розвитку автомобільної діагностики можна спостерігати тенденцію того, що технічні засоби отримання діагностичної інформації у своєму розвитку значно випереджають теоретичне обґрунтування та інтелектуальний потенціал застосування цієї інформації для комплексних проблем технічної експлуатації автомобілів. Передові світові фірми випускають досить широкий спектр діагностичного обладнання. Розвиток автомобільних бортових систем діагностування дає можливість отримувати значну кількість діагностичних та експлуатаційних параметрів. Це можливо як в стаціонарних умовах, так і в режимі on-line при функціонуванні автомобіля. Враховуючи всі переваги розвитку автомобільної діагностики, разом з тим можна констатувати той факт, що застосування отриманої діагностичної інформації досить обмежене. У своїй більшості ця інформація використовується для локального встановлення причин виникнення несправностей. При цьому аналіз інформації виконується оператором, що значно підвищує вплив людського фактору. Існуючі інформаційні бази систем автомобільної діагностики [1] забезпечують виконання заздалегідь сформованих діагностичних процедур. Практично відсутні системи інформаційного забезпечення, призначенням яких є застосування інформації для вирішення комплексних задач технічної експлуатації автомобілів ґрунтуючись на перевагах та можливостях сучасних ІТ-технологій та елементів штучного інтелекту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [2] описані теоретичні основи систематизації та обробки знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. В [3] опи-

©Ю.Ю.Кукурудзяк

сані питання інтеграції системи технічної експлуатації автомобілів в існуючі сучасні інформаційні системи. Розглядаються принципи формування інформаційних потоків експлуатації автомобілів в паперовій та безпаперовій формах, дана характеристика методологій проектування інформаційних систем та єдиного інформаційного простору. В [4] розглянуті питання систематизації та застосування діагностичної інформації з метою забезпечення процесів діагностування окремих систем автомобілів. В [5] описані питання використання інформаційних ресурсів при керуванні роботоздатністю автопоїздів, а також особливості накопичення діагностичної інформації в регіональних діагностичних комплексах.

Проблеми формування інформаційних ресурсів розглядались в багатьох наукових роботах, але на даний час недостатньо описані питання практичного створення інформаційних баз для систем технічної експлуатації автомобілів до складу яких можуть входити модулі інтелектуальної обробки даних, модулі допомоги прийняття оперативних експлуатаційних рішень на основі інтеграції елементів штучного інтелекту та сучасних ІТ-технологій. Такі питання потребують додаткових досліджень.

Мета статті. Метою даної статті є опис принципів формування і структурування інформаційної бази системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу, яка передбачає часткову автоматизацію прийняття експлуатаційних рішень щодо підтримання роботоздатного стану автомобілів на основі моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників транспортних засобів, а також інтеграції сучасних ІТ-технологій та елементів штучного інтелекту.

Матеріали та результати досліджень. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (АІЕМ) направлена на створення основ функціонування системи ТО і ремонту автомобілів "за станом". Система АІЕМ є об’єктно-орієнтованою і поділяється на первинні елементи – об’єкти експлуатаційного моніторингу (ОЕМ). Перелік ОЕМ включає в себе автомобілі в цілому, їх складові та всі структурні елементи підприємства які забезпечують функціонування та підтримання роботоздатності транспортних засобів.

Кожен ОЕМ розглядається як окремий інтелектуальний об’єкт. Загальна кількість, номенклатура та глибина рівнів ОЕМ визначаються з наступних умов:

- можливість створення індивідуальної бази знань та бази даних з окремо виділеною оперативною та постійною пам’яттю;
- можливість створення індивідуальної функціональної та діагностичної моделі для автоматизованої ідентифікації виду технічного стану;
- можливість автоматизованого "спілкування" з центральним сервером системи АІЕМ для визначення доцільності і можливості подальшої експлуатації, визначення необхідності та доцільності технічних втручань та ін.

Кінцевою метою застосування системи АІЕМ в процесі експлуатації автомобілів є допомога в прийнятті оперативних коректних експлуатаційних рішень щодо можливості подальшої експлуатації або необхідності певних технічних втручань. Такі рішення повинні прийматись на основі аналізу різних груп факторів – технічних, організаційних, економічних та ін.

Для забезпечення можливості прийняття експлуатаційних рішень, на провідне місце виходить проблема збору і обробки інформації. При цьому необхідно враховувати те, що обсяги інформації повинні бути необхідними і достатніми. Різні складові автомобіля (окремі ОЕМ нижчих рівнів) характеризуються різним ступенем можливості створення інформаційної бази. Для одних ОЕМ обсяги інформаційних потоків можуть бути надлишковими, а для інших, навпаки, виникають так звані умови обмеженої інформації.

В умовах сучасного розвитку комунікаційних технологій та інтелектуальних систем не тільки є можливість, а й виникає необхідність формування певної інформаційної бази будь-якого окремого автомобіля чи групи автомобілів, яка повинна автоматизовано накопичуватись і систематизуватись за весь період експлуатації автомобіля. Така база може служити основою забезпечення функціонування системи підтримання роботоздатності автомобілів.

Загальний алгоритм формування інформаційної бази приведений на рис. 1. Для будь-якого об’єкту моніторингу передбачається формування: 1) бази знань, яка повинна містити постійну інформацію – необхідну сукупність різних відомостей стосовно об’єкту; 2) бази даних, структура якої містить оперативну інформацію різного роду, яка постійно змінюється. Формування структури інформаційної бази передбачає виконання ряду обов'язкових процедур.

Перш за все визначається можливість і складність отримання певної необхідної інформації. Це досить важливий етап, оскільки на цьому етапі вибирається джерело інформації та засоби реалізації отримання інформаційного потоку. Засоби отримання інформації можуть бути як штатними автомобільними, так і додатковими, вмонтованими. Інформацію, яку можливо отримати, необхідно оцінити за критерієм інформативності. Якщо рівень інформативності низький або отримання певного інформаційного потоку складає вагомі технічні труднощі, то така інформація не включається в структуру інформаційної бази.

Процес створення інформаційної бази можна умовна умовно поділити на два етапи. По-перше це процедура отримання інформації, а по-друге це етап її структурування і формування поля реалізації.

Існуючі класичні теоретичні основи діагностування автомобілів на сьогоднішній день не в повній мірі відповідають рівню розвитку технічних систем діагностування. Нове покоління діагностичних систем передбачає впровадження автоматизованих інтелектуальних технологій, що ґрунтуються на моделюванні процесів різної природи та застосуванні елементів штучного інтелекту. Тому на даний час стадія структурування та аналізу діагностичної інформації приймає більш важливе значення в порівнянні з етапом збору цієї інформації. На етапі збору інформації на провідне місце виходять критерії достовірності та можливості отримання. Критерій інформативності оцінюється в процесі обробки інформації. Однією з головних проблем структурування діагностичної інформації є складність якомога повного відображення предметної області, тобто моделювання і достовірності відображення робочих процесів об'єктів експлуатаційного моніторингу.

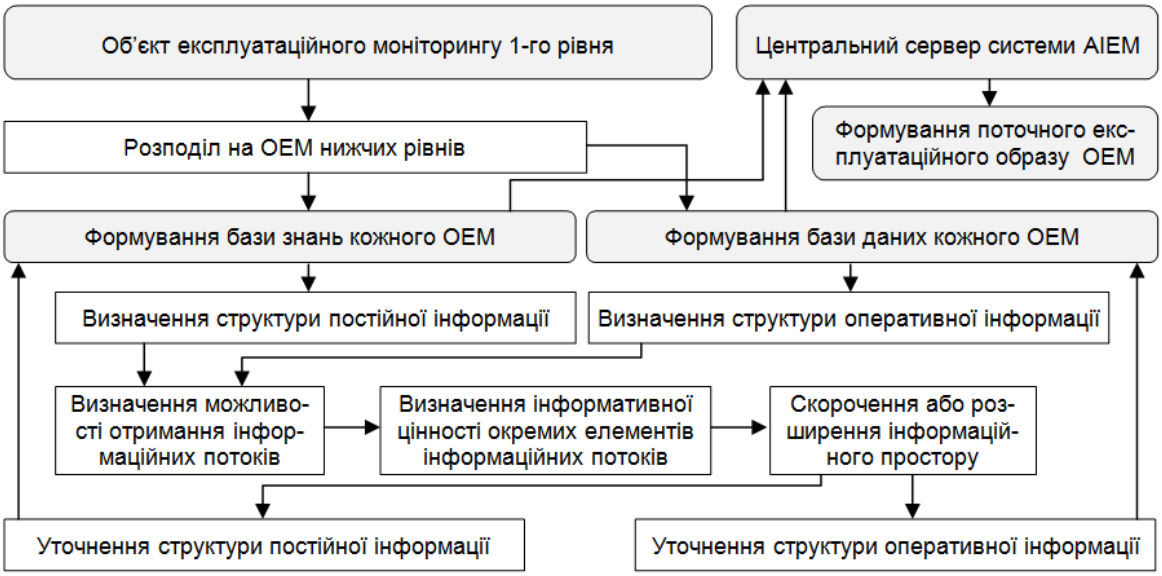


Рис. 1. **Загальна схема формування інформаційної бази**

Сучасні бази діагностичної інформації та методології автомобільної діагностики базуються на ідеях алгоритмічної реалізації [1]. Окремі алгоритми розглядаються як невід'ємна частина цілої системи (наприклад алгоритм визначення технічного стану циліндро-поршневої групи в загальній системі комплексного діагностування двигуна). В таких системах досить чутливими є відсутність або недосконаліть окремих складових, оскільки функціонування різних підсистем мають значний вплив і взаємозалежність між собою.

Більш перспективним є структурування інформаційних баз на основі об'єктно-орієнтованого підходу, яке передбачає створення окремих класів і об'єктів цих класів. Кожен об'єкт функціонує як окрема структура і не повинен залежати від функціонування інших. Об'єкти одного класу характеризуються спільними властивостями, мають обмежений доступ, що відповідає принципам наслідування та інкапсуляції. Інформаційні бази, структуровані за об'єктно-орієнтованим принципом досить легко інтегруються в сучасні об'єктно-орієнтовані мови програмування (C++, C#, та ін.) та можуть описуватись уніфікованою мовою моделюван-

ня UML [6]. На рис. 2 показана загальна структурна схема інформаційної бази системи AIEM.

Об'єктно-орієнтований підхід дозволяє більш повно реалізувати ієрархічний принцип структурування інформаційної бази. Окремі види інформації є загальними для всіх систем автомобіля. Створення класів такої інформації передбачає реалізацію їх властивостей і методів, які охоплюють або автомобіль в цілому або об'єкти експлуатаційного моніторингу вищих рівнів. Об'єкти таких класів повинні знаходитись на найвищих щаблях ієрархії. Інформаційні класи вищого ієрархічного рівня не містять методів прийняття експлуатаційних рішень. Інформаційні класи нижчих рівнів можуть бути успадковані, що дає можливість реалізації загальних властивостей і методів. На найнижчих рівнях ієрархії знаходяться класи, об'єкти яких реалізовують експлуатаційний моніторинг "кінцевих" не подільних ОЕМ. Такі класи можуть оперувати найбільшими обсягами діагностичної інформації. Вони мають максимальну кількість властивостей і методів, оскільки окрім успадкованих, кожен з них доповнюється власними характеристиками.

Експлуатація автомобілів, як і їх діагностування можуть відбуватись в досить різних умовах. Методи і способи отримання інформації також є різними, а сама інформація має різну природу і форму представлення. Діагностична інформація різного виду (не лише параметрична) може бути основою для визначення комплексних (інтегрованих) показників, що більш повно характеризують технічний стан об'єкту експлуатаційного моніторингу, а також динаміку його зміни та переходу з одного виду в інший. Складність реалізації таких методів полягає саме в необхідності використання діагностичної інформації різного виду в різних формах представлення. Об'єктно-орієнтований підхід дає можливість створення окремих класів, властивості яких можуть враховувати вид представленої інформації і на основі цього обробляти досить великі обсяги різноманітної інформації.

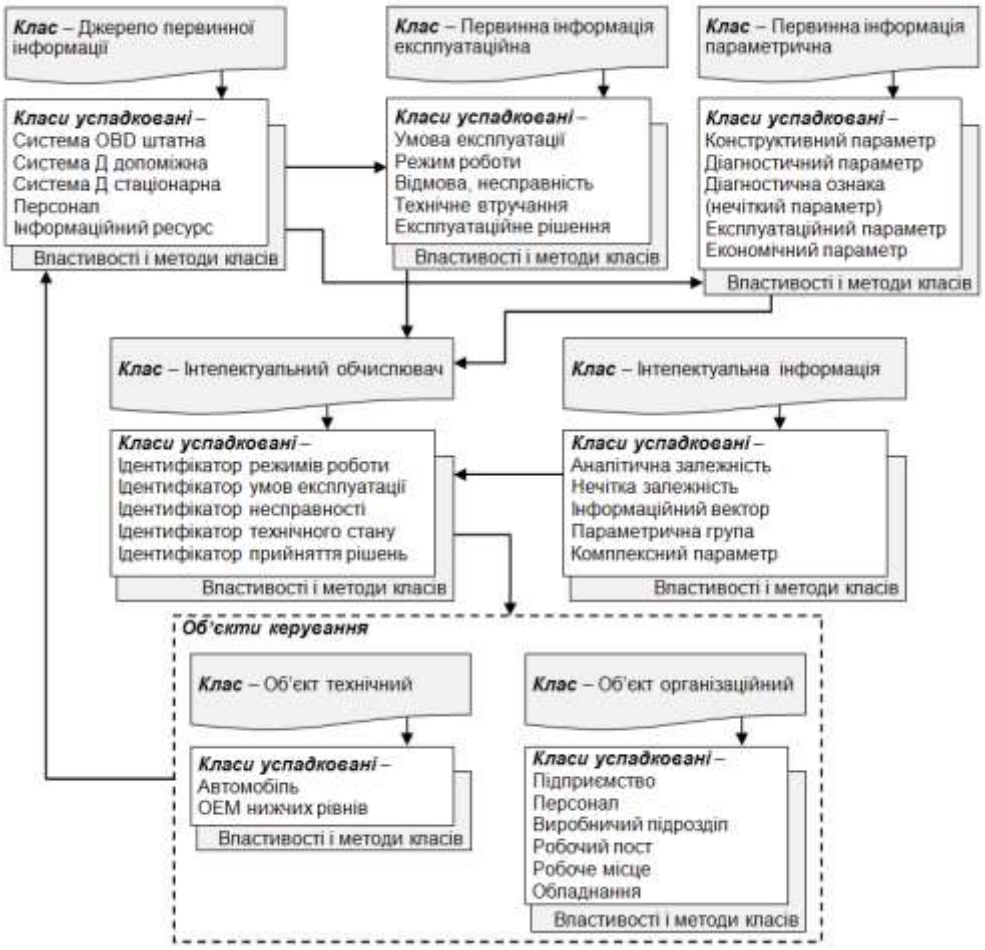


Рис. 2. **Загальна структурна схема інформаційної бази системи AIEM**

Формування і поповнення інформаційних баз знань виконується постійно з метою створення нових діагностичних образів ідентифікації типових несправностей або певного виду технічного стану ОЕМ. Поповнення інформаційних баз можливе на основі автоматизованого експлуатаційного моніторингу, в якому передбачений постійний потік діагностичної інформації, а також при разових поглиблених діагностичних процедурах із застосуванням стаціонарного діагностичного обладнання. Ефективність діагностування значно підвищується завдяки можливості врахування тенденції зміни контрольованих параметрів. Класи ідентифікації функціонують на основі порівняння поточних даних з початковими даними або зі змодельованими та збереженими образами технічного стану.

Інформаційна база обов'язково містить класи тестових блоків та самонавчання, призначенням яких є автоматизований моніторинг самої системи структурування і формування інформаційної бази системи АІЕМ. В процесі експлуатаційного моніторингу окремого автомобіля фіксуються всі дії системи пов'язані із ідентифікацією типових несправностей, виду технічного стану чи прийняття експлуатаційних рішень, а також поточні значення первинної інформації, отриманої від первинних джерел та інтелектуальної інформації, отриманої від відповідних модулів системи АІЕМ. Такий підхід дає можливість використати досить цінний додатковий інформаційний потік з метою коригування окремих методів в модулях, що характеризуються можливістю прийняття експлуатаційних рішень.

Висновки. Описані принципи формування та структурування інформаційної бази системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу. Новизною даного напрямку наукового дослідження є розробка основ формування інформаційних ресурсів, що включають в себе ієрархічно сформовану систему класів інформації та модулі допомоги прийняття оперативних експлуатаційних рішень на основі інтеграції елементів штучного інтелекту і сучасних ІТ-технологій. Подальші дослідження направлені на інтеграцію інформаційних ресурсів в систему автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу.

1. Інформаційна база AutoData. [Електронний ресурс]. – Режим доступу www.autodata-group.com.
2. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2008.- 341 с.
3. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процесы интелектуальных транспортных систем: монография / Под редакцией В.П. Волкова; В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов, П.Б. Комов, И.В. Грицук, Ю.В. Волков, Е.А. Комов. – Донецк: Изд-во "Ноулидж" (донецкое отделение), 2013. – 398 с.
4. Говорущенко Н. Я. Системотехника транспорта (на примерах автомобильного транспорта). В 2-х частях / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Харьков : РИО ХГАДТУ, 1998. – Т.1 – 255 с.; – Т.2 – 219 с.
5. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів.: Автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2007. – 38 с.
6. Ларман Крег Применение UML и шаблонов проектирования. 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002, 624 с.

Стаття надійшла до редакції 03.04.2014.

УДК 629.11.012.55

О.О.Ларін, І.Л.Ущапівський
Національний Технічний Університет «ХПІ», Харків
Головне управління ДСНС України у Львівській області, Львів

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОЖЕЖНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СВОЄЧАСНОЇ ВІБРОДІАГНОСТИКИ

В роботі наведено теоретичні дослідження щодо формування вібрацій відцентрового пожежного насосу ПН-40УВ, який зокрема має внутрішні дефекти різного ступеня. Дослідження проводились в межах методу скінчених елементів. Побудовані тривимірні моделі насосу, проведені дослідження з формування спектру його частот та АЧХ. Визначено закономірності між рівнями вібрацій насосу у різних напрямах та рівнем технічного стану.

Ключові слова: *відцентровий пожежний насос, вібродіагностика, контроль технічного стану, МСЕ*
Рис 11. табл. 1. Форм 2. Літ 5

А.А.Ларин, И.Л.Ущапивский

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИХ СВОЕВРЕМЕННОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

В работе приведены теоретические исследования по формированию вибраций центробежного пожарного насоса ПН-40УВ, который имеет внутренние дефекты различной степени тяжести. Исследования проводились в рамках метода конечных элементов. Построены трехмерные модели насоса и проведены исследования по формированию спектра его частот и АЧХ. Определены закономерности между уровнями вибраций насоса в различных направлениях и уровнем его технического состояния.

Ключевые слова: *центробежный пожарный насос, вибродиагностика, контроль технического состояния, МКЭ*

O.Larin, I.Ushapivsky

MONITORING THE TECHNICAL STATE OF THE CENTRIFUGAL FIRE PUMP BASED ON THE TIMELY VIBRATIONAL DIAGNOSTICS

The paper deals with the theoretical study of the formation of a centrifugal fire pump vibrations, which has internal defects. The investigation has been carried out in the framework of the FEM. A 3D model of the fire pump has been developed. An investigation of the natural frequency spectrum and frequency response functions have been obtained and analysed based on the model. A relation between the levels of the pump vibration in different directions and the level of its technical condition has been found.

Keywords: *centrifugal fire pump, vibrational diagnostics, technical inspection, FEM*

Вступ.

Оцінка технічного стану відцентрових пожежних насосів є важливою складовою в системі підтримки боєготовності спеціалізованого обладнання підрозділів Державної Служби з Надзвичайних Ситуацій України (ДСНС), що працює на аварійно рятувальному автомобілі, а також в системі розрахунку тактичних дій під час планування ліквідації пожеж або інших надзвичайних ситуацій.

Погіршення технічного стану відцентрових насосів, що встановлені на пожежному автомобілі, призводить до втрати їх тактико-технічних характеристик, так невеликі пошкодження підшипникового вузла, що призводить до підвищення вібрацій насосу супроводжується до 25% втратою напору, який він має виробляти. Аналогічно часткове пошкодження або засмічення робочого колеса призводить до втрати тиску та напору насоса на понад 30%. Відповідні зміни мають бути враховані підчас оцінки тактичних дій підрозділів ДСНС України, а визначення подальшого погіршення технічного стану насосу має бути рекомендацією до позапланового ремонту.

©О.О.Ларін, І.Л.Ущапівський

Постановка задачі.

В даній роботі пропонується провести теоретичне моделювання вібрацій відцентрових пожежних насосів, які не мають пошкоджень та такі, що мають певні дефекти. При цьому моделюються дефекти, які є характерними в експлуатації та із різним рівнем пошкодження, що вони спричиняють. Проводячи відповідні дослідження пропонується визначити залежність між рівнем вібрацій, що матиме відцентровий насос із різними дефектами та загальний вплив технічного стану насосу на вібрації, що супроводжують його роботу.

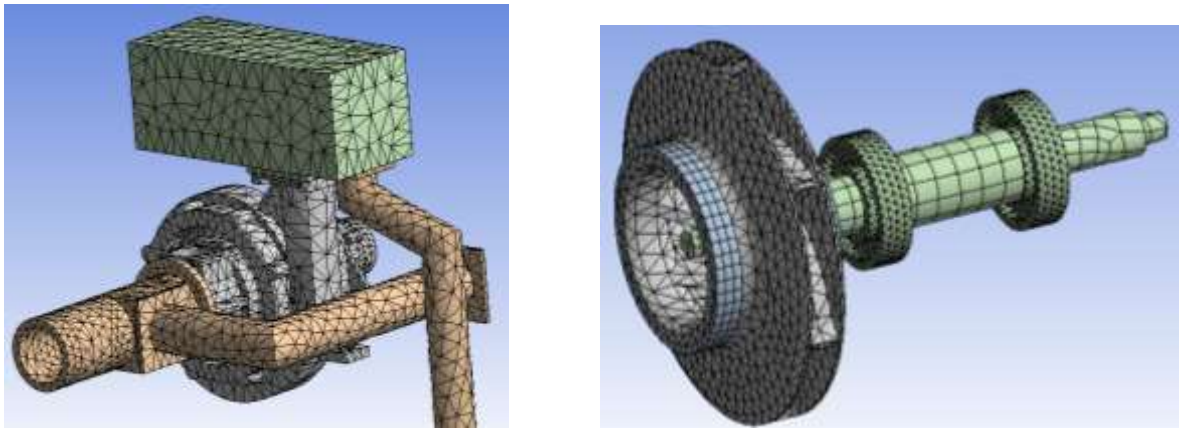
Теоретичні дослідження проводиться в рамках комп'ютерної симуляції гармонійних коливань насосу, які проведені на основі методу скінчених елементів (СЕ) із застосуванням твердотільного тривимірного моделювання [1,2].

Розробка математичної моделі насосу та аналіз його коливань у справному стані.

В роботі досліджується відцентровий пожежний насос типу ПН-40УВ, який серійно випускаються ТОВ «Прилуцький завод протипожежного і спеціального машинобудування «Пожспецмаш» (м. Прилуки, Україна).

Конструкція відцентрового пожежного насосу складається з: корпусу, масляної ванни, кришки корпусу, робочого валу та робочого колеса. Основним кріпленням насосу ПН-40УВ є болтове з'єднання до рами автомобіля на чотирьох опорах. Окрім цього з'єднання, додатковими зв'язками є елементи трубопровідних систем. Так, кришка корпусу насосу з'єднується із всмоктувальним патрубком, який через стальну трубу діаметром 100 мм жорстко з'єднаний із цистерною автомобіля. Аналогічно вихідний патрубок насоса під'єднано до колектору, що має розгалужену трубопровідну систему, яка з'єднує насос із пожежним рукавом та цистерною. З'єднання колектору із цистерною є жорстким. Колектор представляє собою масивну складну структуру трубопроводів, кранів та інших додаткових систем контроля і управління. Докладне моделювання цієї частини насосної установки не має сенсу оскільки вібрації цієї деталі не представляє інтересу. Разом із тим наявність колектору суттєво впливає на вібрацію насосу, оскільки надає додаткову масу та жорсткість зв'язку із цистерною автомобіля. Тому в даній роботі було спрощено змодельовано колектор, як просторове тіло простої форми, відповідних габаритів та маси і що має геометрично тотожні точки жорстких кріплень насосу до колектору та колектору до цистерни автомобіля. Крім того для коректного відтворення інерційно-пружних параметрів системи від колектору промодельовано трубопровід, що з'єднує насос із гнучким пожежним рукавом. Тривимірні моделі насосу у збірці та робочого колеса представлено на рис. 1.

Більшість елементів насосу вилито з алюмінієвого сплаву АЛ-6. Вал, підшипники та трубопроводи є стальними. Додатково в конструкції в невеликій кількості присутні елементи з інших матеріалів (це стосується прокладок, ущільнюючих кілець та інших подібних елементів).



а) б)

Рис. 1. **СЕ моделі насосу ПН-40УВ із спрощеною моделлю колектору(а) та його робочого колеса, що посаджене на вал у підшипниках (б)**

Одними з найбільш важливих динамічних характеристик механічних об'єктів є показники власних коливань, тобто спектр власних частот та власні форми коливань. Дійсно,

власні форми коливань є головними формами можливих рухів об'єкта, що деформується під час вібрацій. Так, відповідно до положень лінійної теорії коливань [3] будь-яка форма вимушених коливань є суперпозицією власних форм, тому власні частоти визначають наявність та положення резонансних зон на спектрі вібрацій, що супроводжує роботу відцентрового насосу, визначають критичні швидкості обертання валу.

На першому етапі роботи було проаналізовано спектри власних частот окремих деталей та відповідні їм форми коливань (рис. 2).

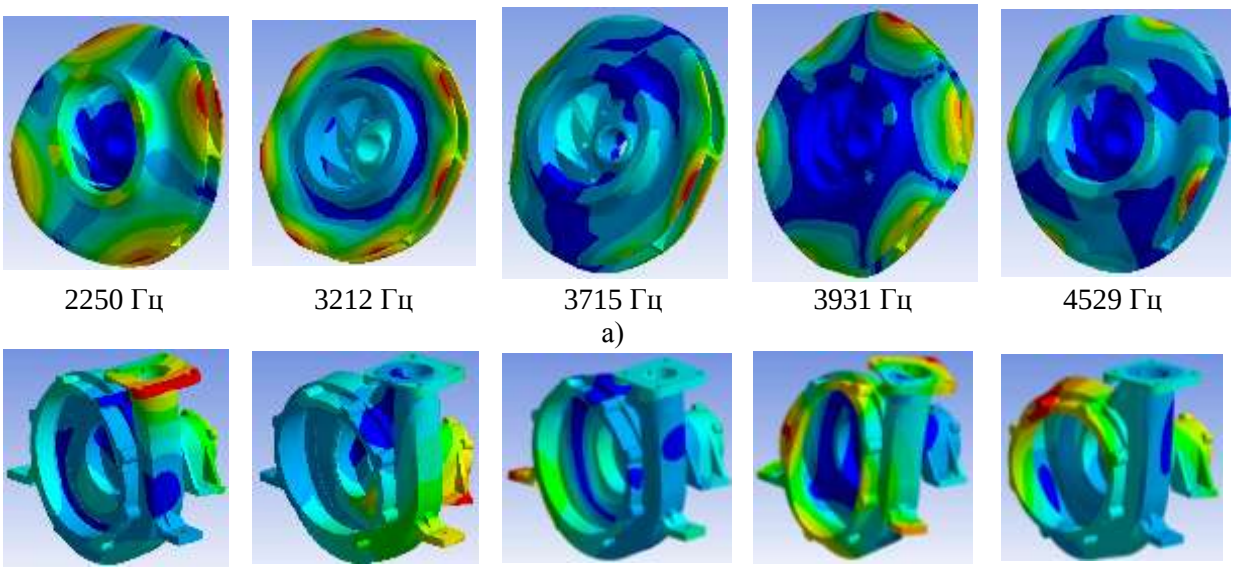


Рис. 2. **Власні форми коливань робочого колеса (а) та корпусу (б) відцентрового пожежного насосу ПН-40УВ та відповідні їм власні частоти**

На рис. 2,*а* наведено перші 4 власні форми коливань робочого колеса та відповідні їм значення власних частот. Колесо розглядалось як вільне деформоване тіло, тобто без обмеження крайовими умовами. Окремо також було проведено аналіз власних коливань корпусу насоса рис. 2,*б*, який так само розглядався, як вільне тіло у просторі. Такі дослідження були спрямовані на перевірку адекватності побудови скінчено-елементних моделей різних деталей оскільки отримані частоти можуть бути легко перевірені експериментально, шляхом проведення тестів на імпульсне збудження коливань відповідних деталей, що є вільно вивішеними у просторі на дроті.

Експериментальне визначення власних частот проводилось за допомогою реєстрації звукових сигналів, що утворюються під час вільних коливань окремих деталей. Це тести при яких відбувається імпульсне збудження коливань – наприклад ударом молотка по деталі (рис. 3).



Рис. 3. **Фото з проведення тесту на збудження вільних коливань в робочому колесі та корпусі насосу при збуджені різних форм коливань імпульсом**

Звук, що розповсюджується від цього удару, є наслідком збуджених вібрацій та був зареєстрований за допомогою мікрофону і оброблений на комп'ютері. Типовий зареєстрований сигнал вказано на рис. 4. Отриманий сигнал загасає із часом за експоненційною залежністю. У збільшеному масштабі можна бачити, що сам сигнал окрім експонеційної амплітуди має полігармонійний характер. Тобто коливання, що збуджуються імпульсом є суперпозицією декількох гармонік. З теорії коливань відомо, що ці гармоніки відповідають власним частотам, форми яких збуджуються прикладеним імпульсом. Отже гармоніки, які є складовими зареєстрованого сигналу будуть відповідати власним частотам деталі.

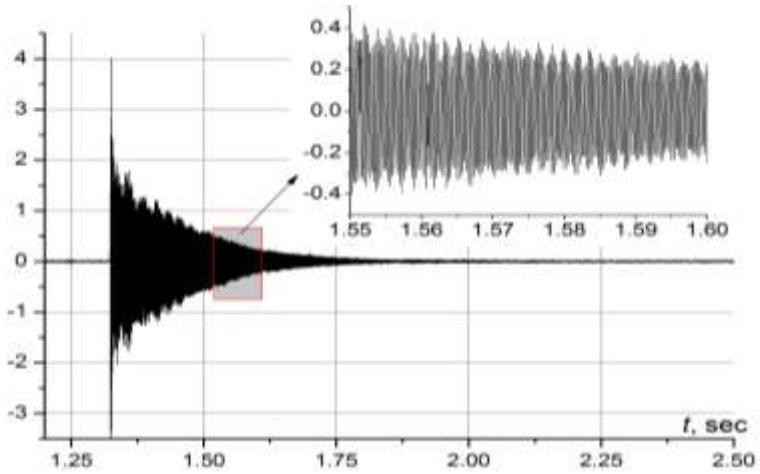
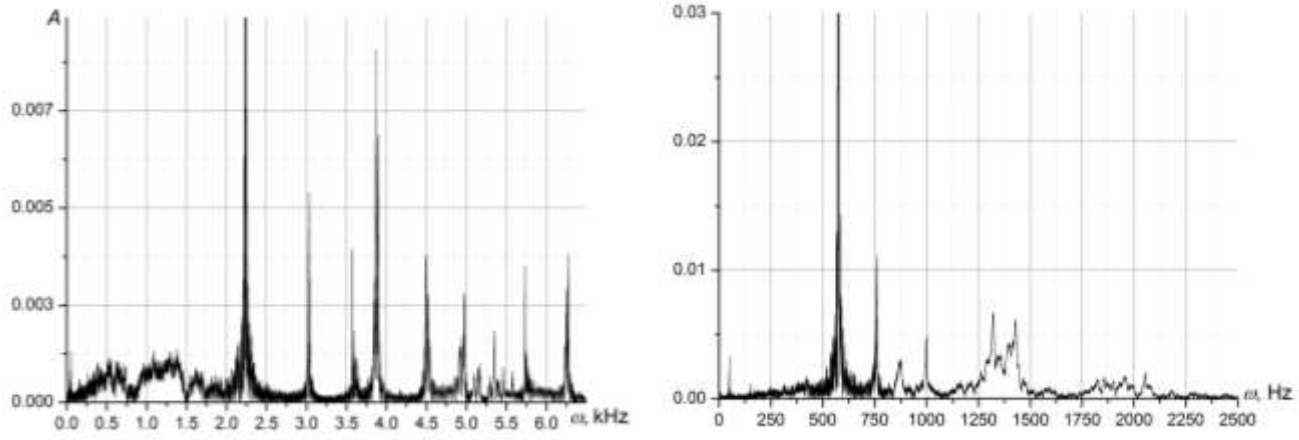


Рис. 4. **Зареєстрований мікрофоном сигнал**

Для аналізу спектрального складу використовувалось швидке перетворення Фур'є [4]. На рис. 5 представлені отримані спектри сигналів. Порівняння частот, що збудились під час імпульсу із отриманими шляхом скінчено-елементного моделювання (рис. 2) вказує на їх добру збіжність у межах 5%. В таблиці 1 зведено значення власних частот робочого колеса, що отримані теоретично (комп'ютерне моделювання МСЕ) та експериментально.



а) б)

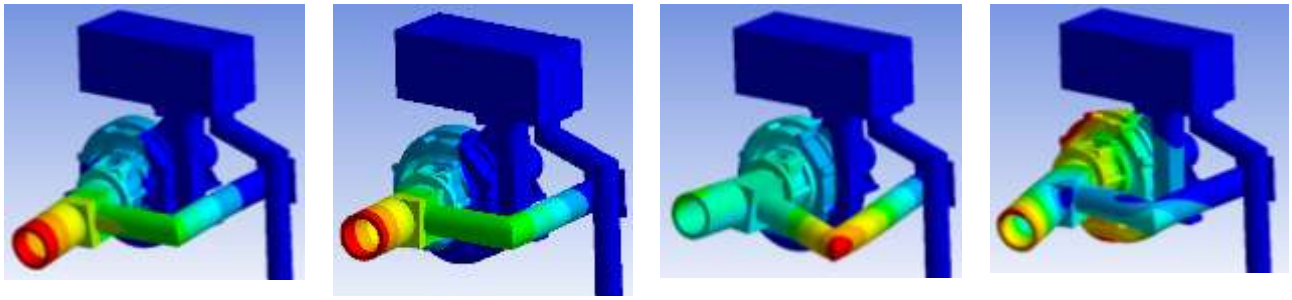
Рис. 5. **Спектри сигналів, що було зареєстровано при збудження вільних коливань в робочому колемі (а) та корпусі (б) відцентрового пожежного насосу ПН-40УВ**

Таблиця 1

Порівняння власних частот деталей насосу, отриманих теоретично та з експерименту

	Власні частоти, Гц									
	Робочого колеса насосу ПН-40УВ					Корпусу насоса ПН-40УВ				
Номер частоти	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Визначені теоретично	2250	3212	3715	3931	4529	577	661	715	876	1033
Експериментально отримані результати	2200	3050	3600	3850	4500	570	600	750	875	1000
Відносна похибка	2.3%	5.3%	3.2%	2.1%	0.6%	1.3%	10%	4.6%	0.2%	3.3%

Звичайно реальні резонансні частоти насосу є відмінними від наведених, які необхідні лише для перевірки адекватності моделі. На практиці корпус насосу не є вільним, а закріплений жорстким з'єднанням із несучою опорою. Крім цього корпус закритий кришкою, яка з'єднана трубопровідною системою із цистерною, а також має напірний патрубок, що також жорстко з'єднаний із системою розподілених кранів, яка у свою чергу має власні трубопроводи і під'єднана також до цистерни. Враховуючи усі перераховані зв'язки та додаткові деталі було проведено аналіз власних форм та частот коливань. У отриманому спектрі присутні локальні частоти вібрацій, що збуджують форми лише трубопроводу це частоти 63 Гц, 65 Гц, 261 Гц, 349 Гц, 413 Гц, 504 Гц. Решта спектру відповідає формам коливань за яких вібрація поширюється на корпус насосу, відповідні форми коливань та значення власних частот приведено на рис. 6.



176,5 Гц 299 Гц 556 (568) Гц 1160 Гц

Рис. 6. **Власні форми коливань насосу ПН-40УВ, що встановлений на опорній рамі автомобіля та відповідні власні частоти**

Наступним етапом було застосування розробленої моделі для дослідження вібраційних показників роботи насосу. Під час роботи насосу відбуваються вібрації, які є коливаннями, що викликані наявністю вимушених гармонічних сил. Зазначені сили є результатом комплексної дії наявності дисбалансу, несоосності з'єднання валів тощо [5]. Відповідні сили діють на ротор робочого колеса та передаються через підшипники на корпус насоса. В даній роботі було проведено відповідні дослідження на збудження коливань 3-ма силами, що прикладені до кінця ротора насосу. Сили вважились гармонічними, а частоти змінювались у широкому діапазоні від 0 до 400 Гц. Сили які прикладені у вертикальній площині мають однакові амплітуди та зсув по фазі на 90^{o}.

Такі дослідження дозволяли проводити аналіз вібрацій на різних гармоніках від частоти обертання ротора. На рис. 7 представлені амплітудно-частотні характеристики вібрацій насосу у різних напрямах. Розв'язок отримувався методом розкладання в ряд по власним формам коливань.

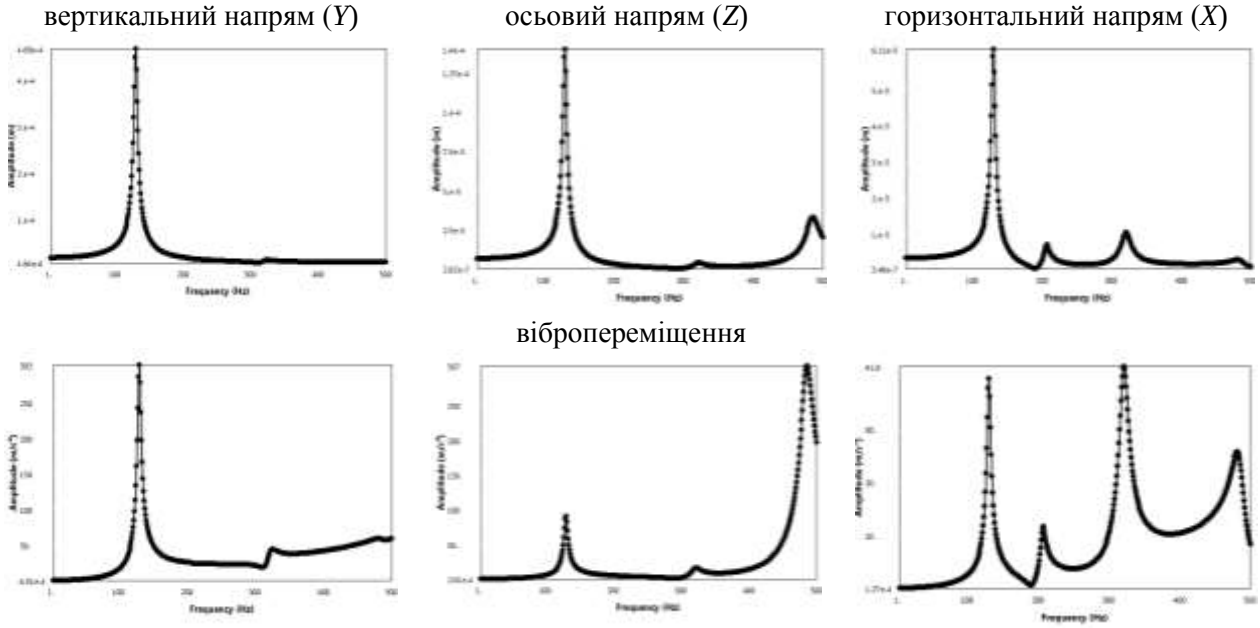


Рис. 7 . **АЧХ вібрацій та віброприскорень насосу**

АЧХ коливань дозволяють визначати гармоніки вимушених вібрацій насосу під час його роботи. Для цього необхідно скласти амплітуди гармонік на робочій частоті та гармоніки із частотами, які кратні основній. Основна гармоніка відповідає 2000 об/хв тобто 33 Гц. Має інтерес аналіз також і 66, 99, 132 Гц и т.д. Доцільно розглядати 4-5 гармонік. Рівень вібрації насосу пропонується визначати як середньоквадратичне значення амплітуд гармонік

$$\psi_x = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} a_{xk}^2}\ ,\ \ \psi_y = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} a_{yk}^2}\ ,\ \ \psi_z = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} a_{zk}^2}\ , \qquad (1)$$

де ψ_x, ψ_y, ψ_z – середньоквадратичні значення (с.к.з.) вібрацій по різним напрямам, a_{xk}, a_{yk}, a_{zk} – амплітуди коливань у відповідному напрямі на k-й гармоніці, тобто a_{x1} – це амплітуда коливань у горизонтальному напрямі на частоті 33 Гц, n – кількість гармонік, що формують вібрації (у роботі обмежувались 4 гармоніками).

Дослідження формувань вібрацій насосу із дефектами.

Попередні дослідження були проведені для справного насосу. Загальна ж ідея діагностики насосу полягає у визначенні закономірностей зміни вібрацій насосу, що має приховані дефекти. Тому наступним кроком у дослідженні є моделювання вібрацій насосу із дефектами.

На рис. 8 представлені узагальнені дані по несправностям, що найчастіше спостерігаються при експлуатації насосів. Це є послаблення кріплень насосу до рами автомобіля, несправності у підшипникову вузлу, пошкодження або засмічення робочого колеса, поява кавітаційних режимів та втрата герметичності. Більшість зазначених несправностей призводить до збільшення вібрацій. При чому до прихованих дефектів слід віднести несправності у підшипниках та у робочому колесі.

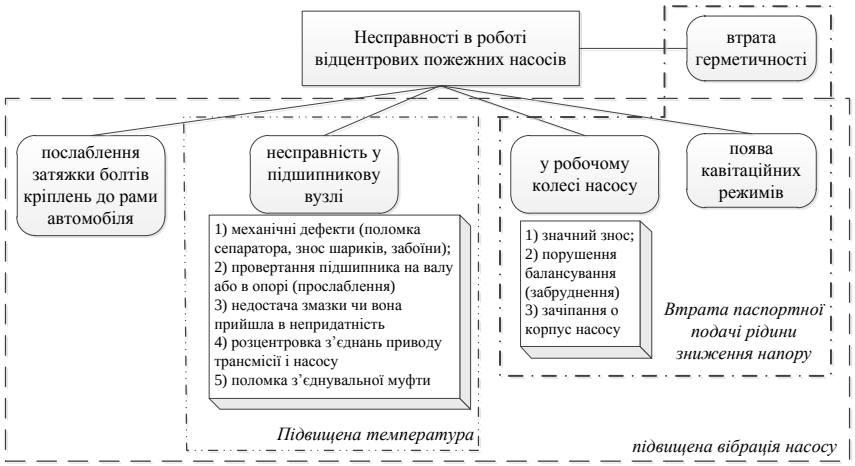
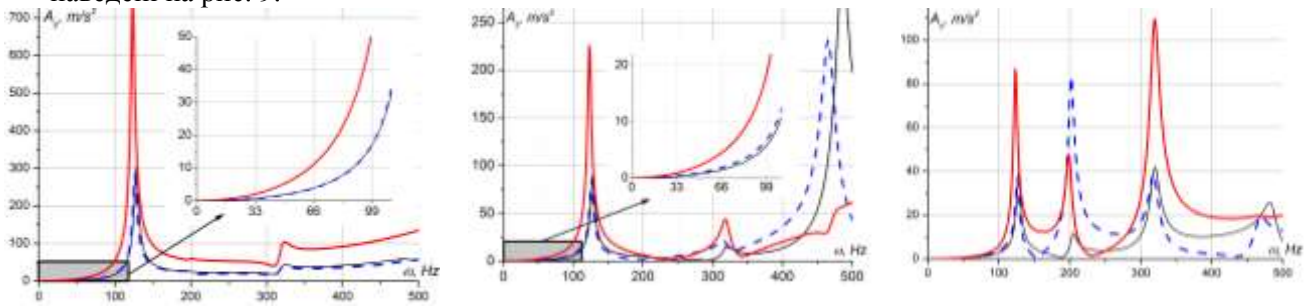


Рис. 8 . **Зведені данні по подіям виходу з ладу елементів пожежних відцентрових насосів**

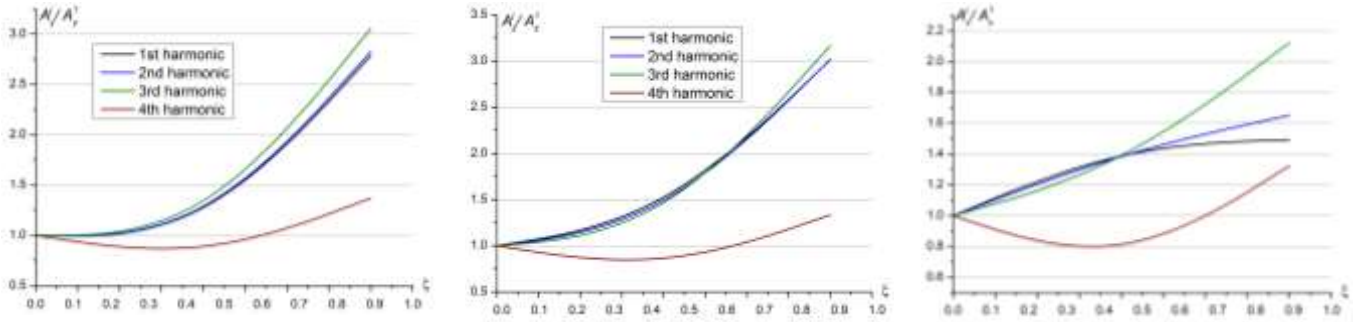
В даній роботі представлені дослідження вібрацій насосу, що має дефекти у підшипниковому вузлу. В рамках аналізу моделювалось два окремих випадки: частковий дефект, що проявляється у послаблення посадки валу у обоймі підшипника та майже повна руйнації підшипника. Відповідні амплітудно-частотні характеристики віброприскорень наведені на рис. 9.



вертикальний напрям (*Y*) осьовий напрям (*Z*) горизонтальний напрям (*X*)

Рис. 9. **АЧХ віброприскорень насоса, який має послаблення посадки валу в підшипниках (пунктир) та повністю зношений підшипник (суцільна лінія)**

Аналіз результатів по окремих гармоніках дає можливість визначити, що що перші три гармоніки при зношеності підшипника здатні збільшитись у три рази по вертикальному та осьовому напряму, а у горизонтальному напрямі у понад 1,5 рази. На рис. 10 наведені узагальнені результати по 4 першим гармонікам. На цих графікам представлені відносні величини, тобто значення, що віднесені до відповідних значень тих самих гармонік в недефектному стані, що дозволяє аналізувати як змінюються гармоніка в залежності від ступеня зношеності підшипника.

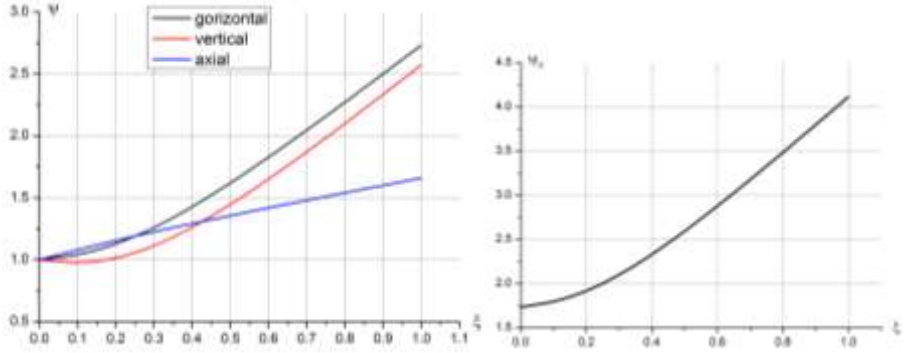


вертикальний напрям (*Y*) осьовий напрям (*Z*) горизонтальний напрям (*X*)

Рис. 10. **Залежності відносної змін гармонік вібрацій від ступеня зносу підшипника**

Використовуючи вираз (1) та результати, що наведені на рис. 10 можна отримати більш загальні результати по відносного с.к.з. по різних напрямам вібрацій. Відповідні графіки показані на рис. 11,*а*. На рис. 11,*б* представлено графік залежності модуля сумарного вектору відносних с.к.з. вібрацій насосу, тобто представлений отриманий із залежностей, які показані на рис. 11,*а* по формулі (2) та характеризують відносну зміну загальних рівнів вібрацій при погіршенні технічного стану насосу, що викликані дефектами у підшипниковому вузлу.

$$\psi_0 = \sqrt{\psi_x^2 + \psi_y^2 + \psi_z^2}\ . \qquad (2)$$



а) б)

Рис. 11. **Залежності відносного с.к.з по різних напрямам вібрацій (а) та відносного сумарного с.к.з. (б) від ступеня зносу підшипника**

Висновки.

В роботі наведено теоретичні дослідження щодо формування вібрацій відцентрового пожежного насосу ПН-40УВ, який зокрема має внутрішні дефекти різного ступеня. Дослідження проводились в межах методу скінчених елементів. Побудовані тривимірні моделі насосу та проведені дослідження з формування спектру його частот та АЧХ. Адекватність розроблених моделей перевірена шляхом порівняння спектрів вібрацій його окремих деталей із експериментальними даними, що отримані за допомогою тестів на збудження вільних коливань відповідних елементів насосу. Визначено закономірності між рівнями вібрацій насосу у різних напрямах та рівнем технічного стану.

1. Толок В.А. Метод конечных элементов. Теория, алгоритмы, реализация / В. А. То-лок, В.В. Киричевский, С.И. Гоменюк и др. – К.: Наук. думка, 2003. – 256с.
2. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов. – М.: Компьютер Пресс, 2002. – 224с.
3. Бабаков И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков.- М.: Наука, 2004. - 591с.
4. Oppenheim A.V. Discrete-time signal processing / Alan V. Oppenheim, R. W. Schafer and J. R. Buck. – Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 3rd edition, 2009, 1120 p.
5. Жовдак В.А. Колебания вращающихся роторов / В.А. Жовдак, Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 80с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014.

УДК 656.135.073

І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ МЕТРОПОЛІТЕНОМ М. ХАРКОВА

Розглянуто питання прогнозування обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. Харкова з урахуванням впливу середовища. Визначено вплив зовнішнього середовища на стан ергономічної системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище», в якості якого прийнято виробництво валового внутрішнього продукту.

Ключові слова: *прогнозування, еволюція, обсяги перевезень, середовище, валовий внутрішній продукт.*
Рис 2. Табл 2. Форм 6. Літ 12

И.Э.Линник, А.В.Завальный, А.И.Буряк

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ МЕТРОПОЛИТЕНОМ Г. ХАРЬКОВА

Рассмотрен вопрос прогнозирования объемов перевозок пассажиров метрополитеном г. Харькова с учетом влияния среды. Определено влияние внешней среды на состояние эргономичной системы «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда», в качестве которой принято производство валового внутреннего продукта.

Ключевые слова: *прогнозирование, эволюция, объемы перевозок, среда, валовой внутренний продукт.*

I.Lynnyk, A.Zavalny, A.Buryak

FORECASTING TRAFFIC VOLUMES OF PASSENGERS UNDERGROUND CITY KHARKOV

The problem of forecasting traffic volumes of passengers underground city Kharkov with the influence of environment. For long-term prediction of the evolution of ergonomic systems taking into account the influence of the environment it is advisable to use the method of probabilistic modeling evolutionary Gavrilov. The influence of the environment on the state of ergonomic system "driver - vehicle - transportation network - environment", which is accepted as the gross domestic product. Our results demonstrated that the volume of the underground in the first cycle of evolution increases, but unstable, due to the influence of the environment. The second cycle has seen a rapid decline in traffic. The trend for this decline has been observed in the first cycle of evolution. By the end of the XXI century underground, as a form of transport, may end its existence. The above prediction of the evolution of the "driver - vehicle - transportation network - environment" in the open and closed states, taking into account the influence of the medium allows to establish the possibility of using the proposed scientific approach to solving problems of forecasting the evolution of complex systems ergonomic. One of the ways to develop the proposed research direction may be to foresee the evolution of ergonomic systems under the influence of not one, but several environmental factors with determining the effect of each factor on each other and all other components of ergonomic systems. While forecasting the evolution of the medium itself seems a separate area for further research.

Keywords: *forecasting, evolution, volume of traffic, the environment, the gross domestic product*.

1. Вступ

Дослідження, що освітлюються у цій статті, стосуються складання довгострокових прогнозів ергономічних систем. Зокрема потребують додаткових досліджень закономірності еволюції ергономічних систем з урахуванням впливу середовища, що в сучасних умовах є актуальним.

2. Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Багатьма вченими проводились дослідження ергономічних систем різного ґатунку: «людина – машина», «людина – техніка – середовище», «людина – автомобіль – дорога», «водій – автомобіль – дорога», «водій – автомобіль – дорога – середовище» тощо, які для прогнозування еволюції систем застосовували різноманітні методи еволюційного моделювання [1, 6 – 11]. Для прогнозування обсягів перевезень використовують наступні методи: екстраполяції, аналізу транспортних зв'язків, експертних оцінок, багатофакторного аналізу [4, 5]. Існуючі методи доволі успішно застосовуються з метою створення систем визначених властивостей: організованої структури і адаптивності. Але моделювання мислення людини не є найкращим підходом до прийняття обґрунтованих рішень у задачах прогнозування, класифікації, розпізнавання образів, автоматичного управління тощо. Також ці методи не використовують усіх можливостей ідей

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк

еволюційного моделювання. Крім цього, майже всі вони дають достатню точність прогнозування на незначний період часу (короткостроковий і середньостроковий прогноз); деякі моделі прогнозування мають жорстко фіксовану структуру; не достатньою мірою враховуються тенденції розвитку факторів; неможливість оцінити випадкові та ймовірнісні компоненти досліджуваних процесів.

Найбільш достовірні результати дає метод еволюційно-ймовірнісного прогнозування, запропонований Е. В. Гавриловим [5]. Згідно з цим методом будується ймовірнісна модель еволюції системи «людина – техніка – середовище», на основі якої оцінюються ймовірності переходу компонентів системи з фактичного у заданий стан. Але така модель потребує великої кількості спостережень, крім того, відсутній поділ технічних засобів окремо на транспортний засіб і транспортну мережу. Довгостроковий прогноз не дає достовірних результатів через неврахування в моделі змін, які відбуваються у конструкціях автомобілів, технічних характеристиках доріг, психофізіологічних характеристиках водія. Тобто не враховуються еволюційні процеси, що призводить до значних похибок у прогнозуванні. Але, незважаючи на недоліки, метод еволюційно-ймовірнісного прогнозування Гаврилова можливо застосовувати для довгострокового прогнозування системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» (ВТМС) з урахуванням впливу середовища на стан системи.

3. Прогнозування обсягів перевезень метрополітеном м. Харкова з урахуванням впливу зовнішнього середовища

3.1. Обсяги перевезень пасажирів метрополітеном з 1975 по 2013 рр.

При розбитті на лаги станів використано метод історичного аналізу розвитку метрополітену у м. Харкові. Динаміка загальних обсягів перевезень пасажирів метрополітеном [12] представлена на рис. 1.

Аналіз представленої динаміки показує, що зміни обсягів перевезень пасажирів носять хвилеподібний характер. Періоди зростання чи падіння обсягів перевезень чергуються з періодами їхньої стабілізації. У періоди стабілізації спостерігається зростання обсягів перевезень, закупівля нових локомотивів тощо. У періоди зростання реалізуються можливості цих змін. Тобто історичний розвиток включає етапи розвитку і етапи функціонування системи. Під функціонуванням розуміють процеси, що відбуваються у системі та навколишньому середовищі, й стабільно реалізують фіксовану мету. Система функціонує в закритому (замкнутому) стані, цілі її існування не змінюються. Розвитком називають те, що відбувається із системою при зміні її цілей. Розвиток відбувається в періоди відкритого (розімкнутого) стану системи і супроводжується її структурною та функціональною перебудовою. У процесі розвитку змінюються цілі існування системи.

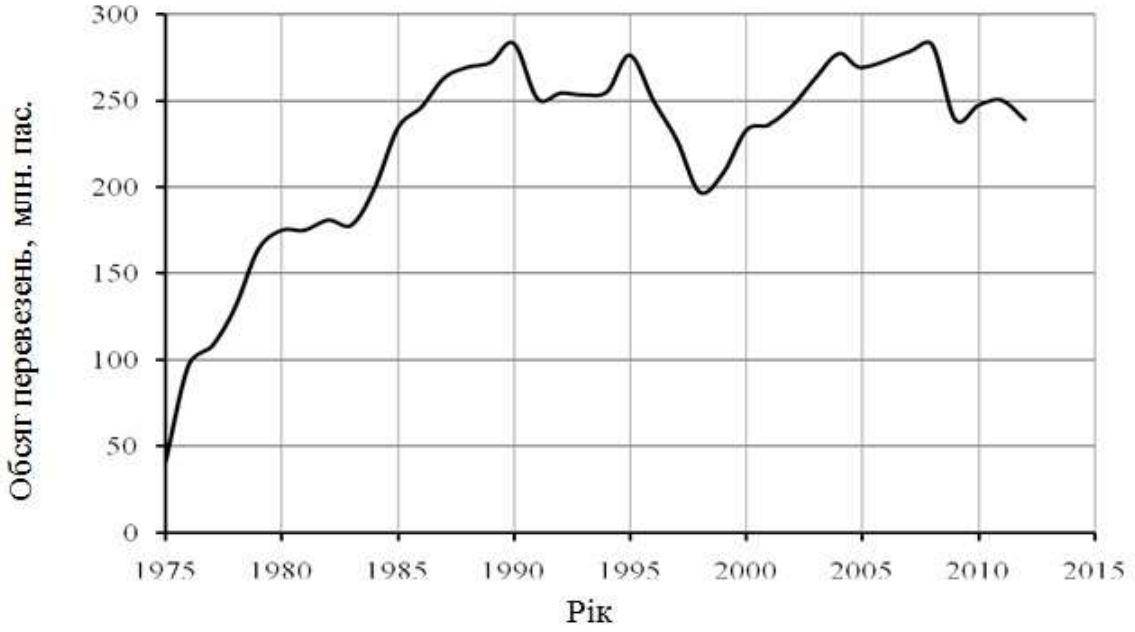


Рис. 1. **Динаміка обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. Харкова**

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк

Дослідивши історичні дані, можна виділити межі етапів еволюції обсягів перевезень пасажирів метрополітеном, як складової частини усього міського пасажирського транспорту м. Харкова. При розбитті на лаги станів необхідно враховувати загальносвітові та державні катаклізми, наслідком яких є збої ритму розвитку систем. До таких збоїв можна віднести:

– 1914–1917 роки – Перша світова війна;

– 1917– 1919 роки – революція і громадянська війна;

– 1925–1927 роки – депресія в економіці;

– 1941–1945 роки – Друга світова війна.

З урахуванням збоїв ритму чергування періодів замкнутого й розімкнутого станів у еволюції обсягів перевезень метрополітеном, як складової частини усього міського пасажирського транспорту м. Харкова представлені в табл. 1. Тривалість кожного з періодів показано в табл. 2.

Таблиця 1

Послідовність періодів замкнутого і розімкнутого станів у еволюції обсягів перевезень міським пасажирським транспортом у місті Харкові

Етап еволюції	Стан системи	
	замкнутий	розімкнутий
I	1890–1917	1917–1927
	1927–1939	1939–1955
	1955–1961	1961–1985
II	1985–1997	1997–2000
	2000–2006	2006–2012

Таблиця 2

Тривалість періодів замкнутого і розімкнутого станів у еволюції обсягів перевезень міським пасажирським транспортом у місті Харкові

Етап еволюції	Стан системи	
	замкнутий	розімкнутий
I	24 (3 роки – збій ритму)	6 (4 роки – збій ритму)
	12	12 (4 роки – збій ритму)
	6	24
II	12	3
	6	6

3.2. Моделювання прогнозу обсягів перевезень

Рівняння динамічної рівноваги компонентів системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» в замкнутому стані можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned}
&\frac{d^2V_в}{dt^2}+\left[\frac{\Phi_в}{C_в}+\frac{\Phi_c}{C_c}\right]\frac{dV_в}{dt}+\left[\frac{1}{C_вC_c}\cdot\frac{\partial Q_{вн}}{\partial P_c}\cdot\frac{\partial Q_{cн}}{\partial P_в}+\frac{\Phi_в\Phi_c}{C_вC_c}\right]V_в=0,\\
&\frac{d^2V_т}{dt^2}+\left[\frac{\Phi_т}{C_т}+\frac{\Phi_м}{C_м}\right]\frac{dV_т}{dt}+\left[\frac{1}{C_тC_м}\cdot\frac{\partial Q_{тн}}{\partial P_м}\cdot\frac{\partial Q_{мн}}{\partial P_т}+\frac{\Phi_т\Phi_м}{C_тC_м}\right]V_т=0,\\
&\frac{d^2V_м}{dt^2}+\left[\frac{\Phi_м}{C_м}+\frac{\Phi_т}{C_т}\right]\frac{dV_м}{dt}+\left[\frac{1}{C_мC_т}\cdot\frac{\partial Q_{мн}}{\partial P_т}\cdot\frac{\partial Q_{тн}}{\partial P_м}+\frac{\Phi_м\Phi_т}{C_мC_т}\right]V_м=0,\\
&\frac{d^2V_c}{dt^2}+\left[\frac{\Phi_c}{C_c}+\frac{\Phi_в}{C_в}\right]\frac{dV_c}{dt}+\left[\frac{1}{C_cC_в}\cdot\frac{\partial Q_{cн}}{\partial P_в}\cdot\frac{\partial Q_{вн}}{\partial P_c}+\frac{\Phi_c\Phi_в}{C_cC_в}\right]V_c=0,
\end{aligned}\qquad(1)$$

де $V_в, V_т, V_м, V_c$ – швидкості зміни стану відповідно водія, транспортного засобу, транспортної мережі, середовища; $Q_{вн}, Q_{тн}, Q_{мн}, Q_{cн}$ – норми абсолютних організацій водія, транспортного засобу, транспортної мережі та середовища відповідно; $C_в, C_т, C_м, C_c$ – організаційна ємність водія, транспортного засобу, транспортної мережі та середовища відповідно;

$P_в, P_т, P_м, P_с$ – імовірності прийняття заданих станів відповідно водієм, транспортним засобом, транспортною мережею, середовищем; $\Phi_в, \Phi_т, \Phi_м, \Phi_с$ – чинники стабільності,

$$\Phi_i = \left(\frac{\partial Q_i}{\partial P_i} - \frac{\partial Q_{i\,н}}{\partial P_i} \right).$$

Рівняння динамічної рівноваги системи ВТМС у цілому:

$$\frac{dV_S}{dt} + V_S = \frac{1}{C_S} \left[\begin{array}{l} \frac{\partial Q_{в\,н}}{\partial P_в} V_в + \frac{\partial Q_{в\,н}}{\partial P_с} V_с + \frac{\partial Q_{т\,н}}{\partial P_т} V_т + \frac{\partial Q_{т\,н}}{\partial P_м} V_м - \\ - \frac{\partial Q_{м\,н}}{\partial P_м} V_м - \frac{\partial Q_{м\,н}}{\partial P_т} V_т - \frac{\partial Q_{с\,н}}{\partial P_с} V_с - \frac{\partial Q_{с\,н}}{\partial P_в} V_в \end{array} \right], \quad (2)$$

де V_S – швидкість зміни стану системи ВТМС; C_S – організаційна ємність системи ВТМС.

Розмикання системи ВТМС розширює її елементний склад за рахунок підключення до неї нової частини середовища, призначеної для асиміляції. У розімкнутому стані рівняння динамічної рівноваги оцінюється за формулою:

$$V_в + V_с + V_S = V_{нс} - V_с. \quad (3)$$

де $V_{нс}$ – швидкість зміни стану нової частини середовища.

3.3. Визначення впливу зовнішнього середовища

На кількість, напрями, дальність поїздок впливають доходи населення, які знаходяться в залежності від виробництва валового внутрішнього продукту (ВВП), тому в якості зовнішнього фактора (середовища) можна прийняти виробництво ВВП, що відображає ефективність функціонування економіки [3]. Тому далі необхідно визначити вплив зовнішнього середовища на прогнозування обсягів перевезень пасажирів метрополітеном. Для цього визначаємо ймовірності прийняття заданого стану середовищем у різні періоди існування системи ВТМС.

У період з 1985 по 1997 рр. система знаходиться у замкнутому стані. Ймовірність прийняття середовищем заданого стану оцінюється за формулою

$$P_с^{ВВП} = 0{,}0397(0{,}5t_з)^2 - 0{,}04405\,t_з + 0{,}04863, \quad (4)$$

де $t_з$ – заданий час.

З 1997 по 2000 і з 2006 по 2012 роки система ВТМС знаходиться у розімкнутому стані і ймовірність прийняття заданого стану середовищем визначається так:

$$P_с^{ВВП} = 1 - e^{-1{,}565\,t_з}. \quad (5)$$

З 2000 по 2006 роки система знаходиться у замкнутому стані, ймовірність прийняття середовищем заданого стану матиме вигляд

$$P_с^{ВВП} = 0{,}1052(0{,}5t_з)^2 - 0{,}0048\,t_з + 0{,}0006. \quad (6)$$

4. Результати досліджень

Прогноз обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. Харкова у різні періоди існування системи ВТМС представлено на рис. 2.

Як видно з рис. 2, обсяги перевезень метрополітеном на першому циклі еволюції зростають, але нестабільно, що пов'язано з впливом середовища. На другому циклі спостерігається стрімкий спад обсягів перевезень. Тенденція такого спаду спостерігається вже наприкінці першого циклу еволюції. До кінця XXI століття метрополітен, як вид міського транспорту, може закінчити своє існування.

Пояснити такий процес можна, по-перше, поступовим зростанням рівня автомобілізації. Як показано у попередніх дослідженнях [2], у світі співвідношення кількості поїздок на особистому транспорті до кількості поїздок на міському масовому пасажирському транспорті складає 4:1 (5:1). В Україні, навпаки, 1:4 (1:5), тобто в Україні спостерігається тенденція використання переважно міського пасажирського транспорту в найкрупніших містах. На сьогодні рівень автомобілізації в м. Харкові у порівнянні з 1991 р. зріс у 2,1 рази та становить близько 145 авт./1000 мешк. До 2070 р. передбачається його зростання до 500 авт./1000 мешк. По-друге, на зміну старим видам міського пасажирського транспорту приходять нові, з новими видами двигуна, з використанням інших видів палива тощо.

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк



Рис. 2. **Прогноз обсягів перевезень пасажирів метрополітеном у м. Харкові**

5. Висновки

Наведене прогнозування еволюції системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» у замкнутому й розімкнутому станах з урахуванням впливу середовища дозволяє констатувати можливість використання запропонованого наукового підходу до вирішення проблем прогнозування еволюції складних ергономічних систем. Одним із шляхів розвитку запропонованого напряму дослідження може бути прогнозування еволюції ергономічних систем при впливі не одного, а декількох факторів середовища шляхом визначення впливу кожного з факторів на другий і на всі інші компоненти ергономічних систем. При цьому прогнозування еволюції власне середовища представляється окремим напрямком подальших досліджень.

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справочник / [В. У. Рэнкин, П. К. Клафи, С. Халберт и др.]; пер. с англ.– М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
2. Бурко Д. Л. Порівняльний аналіз рівня автомобілізації в Україні та країнах Євросоюзу // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Транспортні проблеми найбільших міст». – Х., 2012. – С. 60–61.
3. Гольц Г. А. Магистральные грузовые перевозки и валовый внутренний продукт: историометрическое исследование для прогнозних целей / Гольц Г. А. // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 2. – С. 151 – 157.
4. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах / В. К. Доля – Х. : Нове слово, 2002. – 140 с.
5. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / [Григоров М. А., Гаврилов Э. В., Григорова Т. М., Доля В. К.]. – Херсон : Надднепряночка, 2006. – 192 с.
6. Пуарье Д. Эконометрия структурных изменений / Д. Пуарье. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 183 с.
7. Рабочая книга по прогнозированию / [Араб-Оглы Э. А., Бестужев-Лада И. В., Гаврилов Н. Ф. и др.]. – М. : Мысль, 1982. – 430 с.
8. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч; [пер. с англ]. – М. : Прогресс, 1970. – 568 с.
9. Barrel Y. The rate of technical progress the “Indianapolis 500” / Y. Barrel // Journal of Economic Theory. – 1972. – 4. – P. 72–81.
10. Croney D. O. The design and performance of road pavements / D. O. Croney. – London: Her Majestys station nery office, 1977. – 673 p.
11. Felner W. Specific interpretation of learning by doing / W. Felner // Journal of Economic Theory. – 1969. – 1.– P. 119–140.
12. Харьков транспортный. Метро. Статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gortransport.kharkov.ua/subway/statistics/.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк

УДК 629.113

В.А.Макаров
Донецька академія автомобільного транспорту

ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ РОЗВИТКУ ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

В статті представлений підхід до обґрунтування напряму розвитку прогнозування курсової стійкості руху автомобіля.

Запропонований загальний процес прогнозування, який містить декілька підготовчих стадій діагностування, що забезпечать необхідну точність та достовірність наукового передбачення якісних та кількісних оцінок характеристик стійкості руху.

Особливу увагу приділено оцінюванню параметрів конструкції та технічного стану еластичних рушіїв автомобіля.

Ключові слова: *автомобіль, рух, курсова стійкість, прогнозування, шина.*

Рис 5. Літ 10.

В.А.Макаров

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

В статье представлен подход к обоснованию направления развития прогнозирования курсовой устойчивости движения автомобиля.

Предложен общий процесс прогнозирования, который включает несколько подготовительных стадий диагностирования для точного и достоверного научного предсказания качественных и количественных характеристик устойчивости движения.

Особое внимание уделено оцениванию параметров конструкции и технического состояния эластичных движетелей автомобиля.

Ключевые слова: *автомобиль, движение, курсовая устойчивость, прогнозирование, шина.*

V.Makarov

TO QUESTION OF RATIONALES DIRECTION OF THE DEVELOPMENT OF PREDICTING THE SUSTAINABILITY MOTION OF CARS

One of the main setting forces of the modern socio-economic development of the countries are intelligent traffic flows, including automotive. They must meet the high level of safety motion problem solving about motion stability.

In the article it is reflected the unsolved scientific and practical task of forcasting creating of automobile stability.

The purpose of the article is to ground the direction of the rational development process of motion stability forecasting.

Resistance is examined by disconnected control scheme, it is estimated potential feature of the car providing with the necessary supplies course motion stability (CMS) of the "driver - car" system. The number of CMS indicators is selected, namely, the deviation from the desired trajectory of sustainable control of steady rectilinear or curvilinear unsteady motion; withdrawal of the car mass center; diagram of bifurcation set; phase portrait; Hurwitz criterion; turning ability curve. A number of mandatory preliminary stages of forcasting are proposed, which enable the detection of CMS specific performance values. In detail the first stage is concidered examining the characteristics totality of elastic car powers, which significantly affect the motion stability.

The examples of using the CMS forcasting of different types of bifurcation set diagrams (BSD) and the associated with them phase planes (FP) for different points of BSD are given. Description of FP completes proving of the one of the possible directions of sustainable process development of CMS forecasting.

Analytical study reflected the existence of significant influence on the elastic powers on bifurcation set diagram and phase portrait.

Further development of the forecasting process of car course motion stability should include other indicators of vehicle motion stability and detailed assessment of the previous stages impact on the final results of the car behavior forcasting.

Keywords: *car, motion, course stability, forcasting, tyre.*

Натепер, однією з головних рушійних сил в соціально – економічному розвитку країн є транспорт. Завдяки інтеграції та глобалізації світової економіки, більшість сучасних інноваційних рішень на транспорті обумовлені формуванням єдиної транспортної мережі планети, за якою мають рухатися інтелектуальні транспортні потоки. Розвиток суспільства та

©В.А.Макаров

господарства неможливий без докорінного поліпшення якості перевезень вантажів і пасажирів транспортними потоками автомобілів (ТПА).

Постановка проблеми. Потоки автотранспортних засобів (АТЗ) повинні відповідати необхідним високим рівням безпечності й економічності руху та характеризуватись мінімально можливим негативним впливом на навколишнє середовище[10]. Створення інтелектуальних ТПА потребує вдалого вирішення великої низки науково – прикладних проблем, однією з яких є поліпшення курсової стійкості руху (КСР) автомобіля, особливо в потокових режимах його роботи.

Аналіз останніх публікацій і вирішення частин загальної проблеми.

Можна навести перелік наукових робіт[1,2,3,8], в яких розглядались питання покращення КСР. Одним з дієвих шляхів поліпшення стійкості переміщення є прогнозування її очікуваного рівня. Низка питань з дослідження прогнозування КСР зустрічається в статтях [3,5,9], але в них не вирішене науково – прикладне завдання урахування усіх етапів процесу зазначеного прогнозування та комплексного підходу до нього.

Мета роботи

Обґрунтування можливого напряму раціонального розвитку процесу прогнозування курсової стійкості руху автомобіля.

Основні результати дослідження

Технічна служба підприємств автомобільного транспорту або автосервісу в змозі виконати підтримку необхідного технічного стану АТЗ тільки шляхом забезпечення високого рівня процесів діагностування та прогнозування.

Для здійснення діагностування КСР слід вибрати ефективні та інформативні параметри, які дозволять з достатніми достовірністю і точністю однозначно оцінити якісні і кількісні характеристики цієї експлуатаційної властивості. Далі, забезпечують процес оцінювання необхідною приборно – комп'ютерною підтримкою та слушною методикою. Після системного здійснення визначених діагностичних операцій з прийнятною точністю вимірювань та вивчення закономірностей змінювання за часом параметрів, що контролюються, можна створити умови для прогнозування КСР автомобіля з еластичними шинами щодо наукового виявлення можливих шляхів і результатів майбутнього розвитку процесів руху АТЗ.

У викладеному нижче матеріалі дослідження розрізняють два види переміщення АТЗ, а саме: неусталений або усталений рух. Стійкість руху розглянута за розімкненою схемою керування – оцінюється потенційна стійкість переміщення самого автомобіля, що з необхідним запасом забезпечить КСР системи «водій - АТЗ». Зазначена схема дозволяє використовувати сучасні методи моделювання та пошук рішень для прогнозування КСР за допомогою якісних і кількісних оцінок.

Стисло розглянута низка показників КСР[4,5], які можуть бути використані для її прогнозування, а саме:

- відхилення траєкторії від заданого управлінням прямолінійного руху (ВПР) автомобіля за горизонтальною площинною поверхнею на відстані 1 км;
- відведення центру мас (ВЦМ) автомобіля;
- діаграма біфукарційної множини (ДБМ);
- фазовий портрет (ФП);
- відхилення траєкторії центру мас АТЗ від програмної кривої: в процесі неусталеного керованого криволінійного руху (ВКР) автомобіля [1,9];
- критерій Гурвіца (КГ);
- крива повороткості (КП).

Виявлення значень конкретних показників КСР уможливлюється даними, які отримуються на попередніх стадіях прогнозування, загальна схема якого візуалізована на рис. 1.

Пропонується наступна послідовність попереднього діагностування. Після візуального огляду кожного з коліс автомобіля, виконують оціночні вимірювальні роботи величин тиску повітря, зносу, дисбалансу ,деформації тощо (стадія 1). На зазначеній стадії оцінюють також правильність наступних дій: розміщення шин за осями та бортами АТЗ, а також монтажу шин.

Тільки після завершення операцій цієї попередньої першої стадії, має сенс виконувати стадії 2,3,4 і 5, а також проводити заключне визначення діагностичних параметрів, які дозволяють прогнозувати КСР автомобіля.

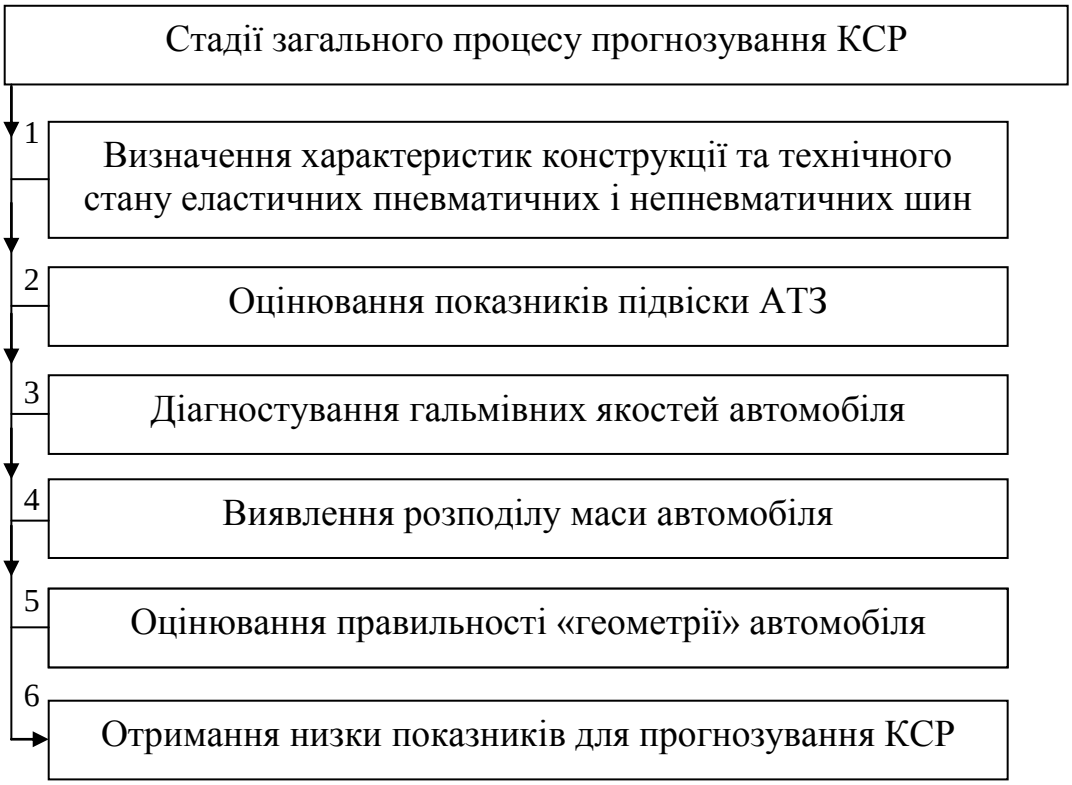


Рис. 1. **Мнемосхема щодо візуалізації стадій загального процесу дпрогнозування КСР**

В даній роботі детально розглянуті дві стадії щодо забезпечення прогнозування КСР: перша (1) та остання (6). Вибраний підхід пояснюється тим, що вплив еластичних рушіїв на КСР автомобіля є великим та багатостороннім, що потребує окремого аналітичного дослідження.

Діагностичні параметри, які запропоновані вище для прогнозування КСР автомобіля, що оснащений еластичними пневматичними рушіями, корелюють з характеристиками конструкції й технічного стану (ТС) шин, а саме:

- внутрішнім тиском повітря в шинах;
- рисунком [10] та зносом протектора;
- дисбалансом коліс;
- руйнуванням протектора, боковини, каркаса тощо;
- зволожуванням матеріалу шини;
- набуханням матеріалу рушія;
- деформуванням , що остаточно змінює форму шини.

Слід визначити важливі особливості та недоліки діагностування ТС й експлуатаційного стану автомобільного еластичного рушія тільки по внутрішньому тиску повітря. Контроль внутрішнього тиску проводять, зазвичай, двома способами (рис. 2).

Перший спосіб - безпосередній вимір тиску повітря в шині, другий - заснований на вимірі різних зовнішніх (опосередкованих) параметрів, що дають оцінку величини тиску повітря в шині з певною точністю й вірогідністю. Однак, і в першому й у другому випадках, при контролі стану шин по тиску повітря в них зовсім не враховуються неоднорідності матеріалу шин, як корисні (наприклад несиметричний протектор, що запроектований виробником) так і

недосконалості самого виробу, які не можна виявити візуально: розшарування, розриви, розрідження ниток корду, зсув кілець борта тощо. Реальні шини часто мають неоднорідність жорсткості, у тому числі обумовлену дефектами й ушкодженнями покришок, які можуть привести до невиконання шиною основних функцій, навіть при нормативному внутрішньому тиску. Тому для прогнозування стійкості руху АТЗ із шинами, що мають неоднорідну жорсткість по колу і ширині профілю, спосіб контролю стану шин тільки по тиску повітря в них неприйнятний.



Рис. 2 **Схема щодо візуалізації методів оцінювання ТС й експлуатаційного стану шин**

До методів діагностування технічного стану еластичних пневматичних шин можна віднести також контроль за зміною внутрішньої структури шини. Для цього застосовуються (в основному на шинних і шиноремонтних заводах) теплові й рентгенівські установки, а також ультразвукова і звукова діагностика.

Для прогнозування стійкості руху АТЗ на еластичних шинах (пневматичних і непневматичних) з неоднорідною жорсткістю по їх колу і поперечному перетину профілю, в якості можливого перспективного діагностичного параметру досліджувався тиск у контакті колеса з опорною поверхнею. Цей параметр необхідно надалі розглядати в режимі кочення колеса, вивчати залежність бічних сил та відведення шини від розподілу тиску в її контакті з дорогою[6].

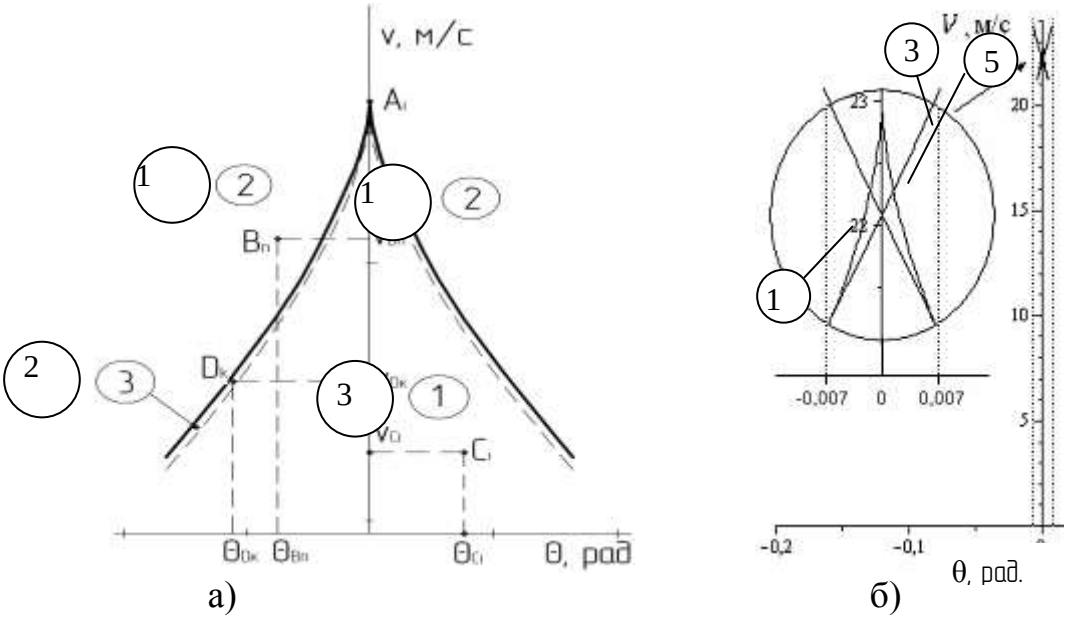
В подальшому матеріалі статті розглянутий один із можливих шляхів здійснення стадії 6 (див. рис.1) - безпосереднього виявлення важливих показників КСР, а саме: діаграми біфуркаційної множини та фазового портрету для легкового автомобіля (ЛА). Задачами наведеного прикладу прогнозування стійкості руху є визначення можливих видів стійкості або нестійкості стаціонарних режимів руху (СРР) та оцінювання їх кількісних показників.

За умови одержання при діагностуванні характеристик бічного відведення шин можливе отримання показників КСР автомобіля: діаграм біфуркаційних множин, приклади яких наведені на рис. 3а - з трьома, а на рис. 3б – з чотирма зонами.

Діаграма біфуркаційної множини має дві числові осі, що характеризують керуючі параметри: лінійну швидкість автомобіля (v) та кут повороту колеса θ відносно вертикальної вісі.

Вигляд біфуркаційної множини для конкретного ЛА обумовлений дією бічних сил, що, в свою чергу, визначаються відведеннями кожного з чотирьох еластичних коліс автомобіля. Згідно рис. 3а, можна прогнозувати наявність трьох стаціонарних режимів руху автомобіля в зоні 3 (точка C_i), причому один з них може бути стійким, а два інші – нестійкими. Для множини

режимів руху, що характеризуються сукупністю точок Bn у зоні 1 (вище графіка) існує тільки один стаціонарний режим, але дія певних збурюючих впливів при будь-яких значеннях параметрів швидкості v або кута повороту колеса θ (із цієї області), викликають втрату КСР автомобіля - це зона нестійких режимів руху.



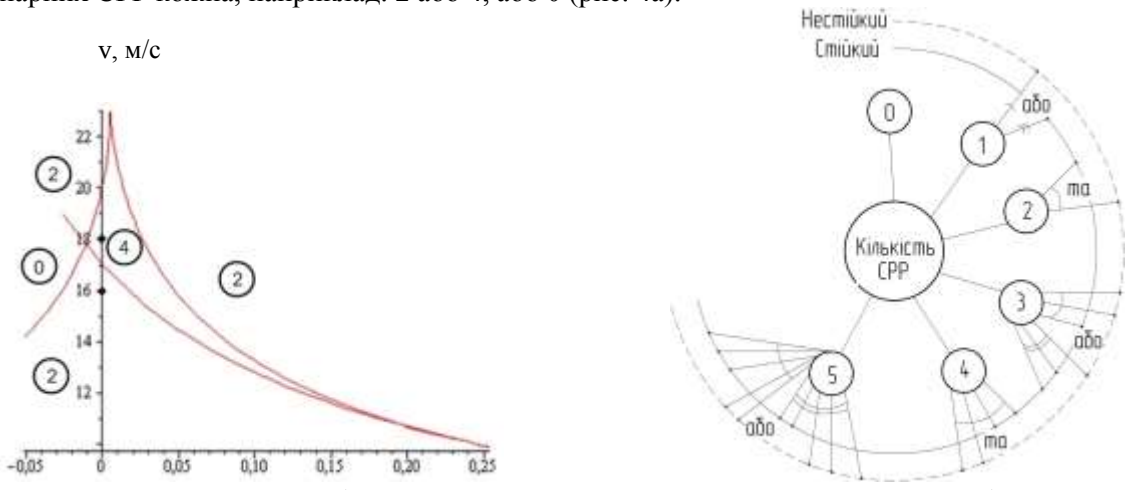
а) б)

Рис. 3. **Діаграми біфуркаційних множин**

Точка А характеризує умови втрати стійкості стаціонарного прямолінійного режиму руху автомобіля і визначає максимальну критичну швидкість руху. На рис. 3а зазначена втрата стійкості є небезпечною, а на рис. 3б – умови втрати стійкості більш сприятливі (поряд є зони 3 і 5, де може бути стійкий рух). Діапазон ±0,007 рад є допустимим для експлуатаційних значень кута відведення. Особливої уваги (рис. 3а) заслуговує зона 2, що перебуває в безпосередньому околі кривих на всій їхній протяжності, і де відбувається зміна показників курсової стійкості стаціонарного режиму руху[7]. Запас стійкості в цій зоні практично нульовий, характеризується сукупністю точок D_K в зоні 2.

Таким чином, використовуючи результати вимірювання бічної сили як функції кута відведення та математичне моделювання, можна прогнозувати раціональні або небезпечні зони для керуючих параметрів, а також можливість відносно сприятливої втрати стійкості руху.

ДБМ стаціонарних режимів руху може містити декілька областей з різною кількістю парних СРР кожна, наприклад: 2 або 4, або 0 (рис. 4а).



а) б)

Рис. 4. **Множини стійких і нестійких СРР**

Різновиди трансформацій поверхні стаціонарних станів, які раціонально аналізувати, розглянуті на рис. 4б. В середині зображення розташоване велике коло, виносні лінії з якого спрямовані до малих кіл з цілими числами (0, 1,…, 5), що символізують можливі кількості стаціонарних режимів руху (згідно досліджень математиків[4]) в окремих областях ДБМ. Області, що містять більш ніж 5 СРР, розглядати нераціонально у зв`язку з тим, що вони є нетиповими у випадку двох керованих параметрів θ і v. Можуть аналізуватися: симетричні автомобілі, що містять непарні кількості СРР, або альтернативні - асиметричні. Симетричні системи, що містять більш ніж 3 стаціонарні режими руху, підлягають впливу (окрім двох керованих параметрів θ і v) додаткових параметрів, які можуть обумовити зміну форми біфуркаційної поверхні, наприклад: коефіцієнту зчеплення, бічної складової сили опору повітря тощо. Вплив указаних параметрів на реалізацію більш складних особливостей форми на поверхні стаціонарних станів залежить від їх конкретного специфічного співвідношення (на момент дії параметрів), і тому кожний наступний конкретний результат по визначенню фазових змінних (наприклад, кутової швидкості обертання АТЗ відносно вертикальної вісі) є випадковим, з огляду випадковості дії самих керованих параметрів, і реалізується з дуже малою ймовірністю.

На мнемосхемі (рис. 4б) відображені особливості ДБМ: для непарної кількості СРР можуть існувати два варіанти стійких та нестійких множин СРР, але одночасно може діяти (реалізуватися) тільки одна з них; для парної кількості СРР існує тільки один варіант сукупності стійких та нестійких СРР.

Після аналізу зазначеного вище показника стійкості «в малому» (рис. 4а), можна зробити тільки один остаточний технічний висновок – про існування області керуючих параметрів «нуль», що зовсім не містить стаціонарних режимів руху. Для поліпшення стійкості руху легкового автомобіля, який має показник з «нульовою» областю, слід позбавитися її існування, наприклад, шляхом заміни еластичних колісних рушіїв АТЗ на інші - з більш сприятливими для конкретного автомобіля жорсткісними характеристиками. Щодо інших областей ДБМ, в яких існують 2 або 4 СРР, що можуть бути стійкими або нестійкими, то вони підлягають подальшому докладнішому дослідженню, з використанням другого основного показника, що характеризує стійкість руху «у великому» - це фазовий портрет.

У роботі використана наступна послідовність визначення та аналізу ДБМ й ФП: спочатку здійснюється побудова діаграми біфуркаційної множини (рис. 4а), а потім фазового портрету. В розглянутій ДБМ наявні 4 або 2 СРР, відповідно, в замкненій фігурі $A_2A_3A_4$, а також в околі означеної фігури, окрім зони, що розміщена ліворуч точки A_2, де зовсім немає СРР. Для отримання більш докладнішої інформації про стійкість СРР, наприклад, у точці A_1, для неї побудований фрагмент фазового портрету (рис. 5).

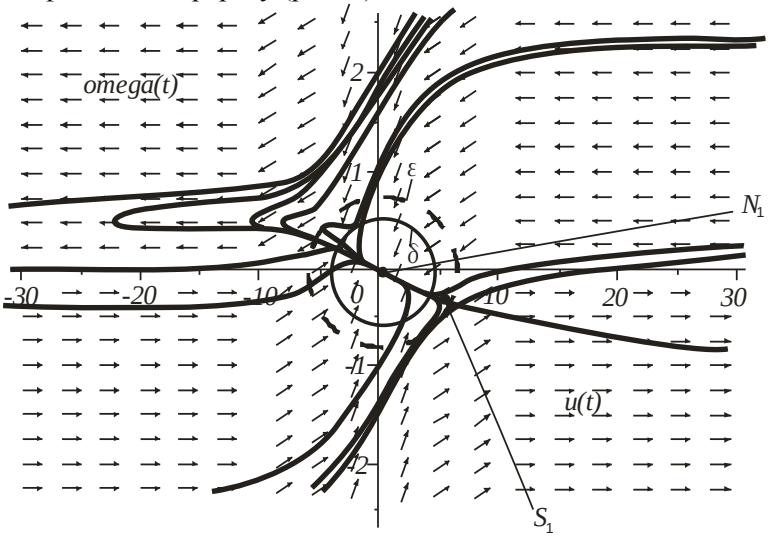


Рис. 5. **Фрагмент фазової площини щодо точки A_1 ДБМ**

За числовими осями змінюються: u(t) – бічна лінійна швидкість центру мас АТЗ (м/с); omega (t) – кутова швидкість обертання АТЗ навколо вертикальної вісі, що проходить через його центр мас (1/с).

Зазначений фрагмент містить вузол N_1 (стійкий коловий режим) та сідло S_1 (нестійкий коловий режим). Область стійкості обмежують сепаратриси, що дозволяють позначити зону притягання стійкого СРР. В околі стійкого вузла N_1 можна побудувати коло, що обмежує δ-окіл означеної точки N_1 і містить фазові траєкторії, які (в якості початкових умов) не можуть покидати δ-окіл стійкого вузла N_1. Формується область притягання точки N_1, що визначає технічну стійкість СРР, з врахуванням перехідних процесів, які обумовлені конкретними технічними характеристиками легкового автомобіля та його еластичних колісних рушіїв. Для поліпшення КСР легкового автомобіля слід змінювати зазначені характеристики.

Опис фрагменту ФП завершує обґрунтування одного з можливих напрямів раціонального розвитку процесу прогнозування КСР.

Висновки. Для розвитку прогнозування курсової стійкості руху автомобіля обов'язково слід вирішити наступне:

- вибрати низку ефективних, інформативних та однозначних показників КСР з рекомендованої сукупності: ВПР, ВЦМ, ДБМ, ФП, ВКР, КГ, КП;
- визначити необхідні для передбачення поведінки АТЗ характеристики конструкції та технічного стану шин, підвіски, гальмівної системи, а також розподіл маси та «геометрію» автомобіля.

Аналітичне дослідження віддзеркалило існування значущого впливу еластичних рушіїв на діаграми біфуркаційної множини та фазовий портрет.

Подальший розвиток процесу прогнозування курсової стійкості руху автомобіля повинен містити напрями аналізу інших показників стійкості руху АТЗ та детального оцінювання впливу попередніх стадій на остаточні результати передбачення поведінки транспортного засобу.

1. Вербицкий В.Г. К вопросу реализации управляемого движения вдоль программной кривой/ Вербицкий В.Г., Банников В.А., Червякова Е.В.//Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.№3-Донецьк.-2012.С.67-73.
2. Дугельный В.Н. Улучшение показателей курсовой устойчивости легкового автомобиля с учетом силовой неоднородности его шин : дис. … канд. техн. наук : 05.22.02 / Дугельный Владимир Николаевич. – К., 2006. – 136 с.
3. Костенко А.В. Прогнозування показників курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням розкиду жорсткісних характеристик шин : дис. … канд. техн. наук : 05.22.02 / Костенко Андрій Вікторович. – К., 2007. – 168 с.
4. Лобас Л.Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин / Л.Г. Лобас, В.Г. Вербицкий. – К. : Наукова думка, 1990. – 232 с.
5. Макаров В.А.Наукові основи поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля:дис….докт. техн. наук:05.22.02/ Макаров Володимир Андрійович.-К.,20011.-318 с.
6. Макаров В.А. Особливості експлуатації та випробування еластичної шини автомобіля: монографія/ В.А. Макаров.-Донецьк: Вид-во «Ноулидж».2010.-150 с.
7. Острейковский В.А. Анализ устойчивости и управляемости систем методами теории катастроф / В.А. Острейковский. – М. : Высш. шк., 2005. – 326 с.
8. Петров О.В. Поліпшення показників курсової стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану їх шин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / О.В. Петров. – Київ, 2008. – 20 с.
9. Сахно В.П. Прогнозування поведінки автомобіля за керуючими діями водія/СахноВ.П., Кузнєцов Р.М., Павлюк В.І.// Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.№15[204] – Луганськ. – 2013.С.104-107.
10. Schubert J.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Reifen : Doktor-ingenieurs Dissertation : Fahrbahn-Rollgeräusch / J. Schubert. – Dresden, 2003. – 113 s.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014.

©В.А.Макаров

УДК 629.3.018.2

О.М.Марціяш, І.Т.Іванюра, Ю.В.Булік, Н.І.Іванюра
Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету Імені Івана Пулюя, Луцький національний технічний університет, Тернопільський національний технічний університет Імені Івана Пулюя

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

Розроблено стенд для визначення деяких робочих характеристик моторної оливи та оливного насоса системи мащення двигуна легкового автомобіля для покращення навчального процесу під час проведення лабораторних занять.

Ключові слова: *стенд, олива моторна, насос оливний,система мащення двигуна.*
Рис 3. Табл 1. Форм 1. Літ 6.

О.М.Марцияш, И.Т.Иванюра, Ю.В.Булик, Н.И.Иванюра

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ СМАЗКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Разработан стенд для определения некоторых рабочих характеристик моторного масла и масляного насоса системы смазки двигателя легкового автомобиля для улучшения учебного процесса при проведении лабораторных занятий.

Ключевые слова: *Стенд, масло моторное, насос масляный, система смазки двигателя.*

O.Martsiyash, I.Ivanyura, Y.Bulik, N.Ivanyura

LABORATORY STAND ORDER TO DEFINE SOME OPERATING PARAMETERS AUTOMOBILE ENGINE LUBRICATION SYSTEM

The stand is designed to determine some specifications of engine oil and an oil pump of the engine lubrication system. The designed stand is used in laboratory studies. Students determine kinematic viscosity of the oil and the oil pump performance by means of the stand. During laboratory studies oil pressure in the oil line and oil temperature are controlled. Changing of kinematic viscosity of engine oil depending on its temperature is studied. The result of the laboratory studies is the conclusion about applicability of the tested engine oil for using in internal combustion engines of a car. Also by means of the stand you can carry out researches of lubrication of a car, under conditions close to operating and to probe elements of the lubrication system: an oil pump, a filter, a manometers, pressure gauges in the lubrication system.

Keywords: *Stand, motor oil, oil pump, engine lubrication system.*

Постановка проблеми. Ресурс роботи автомобільного двигуна залежить від якості змащення тертьових поверхонь, що в свою чергу визначається технічним станом системи мащення і якістю моторних олив.

Справність елементів системи мащення двигуна, стан тертьових поверхонь, що потребують змащення, величина тиску в магістралі системи мащення забезпечують відповідні умови змащення елементів двигуна та їх механічного спрацювання. Якість змащення також визначається властивостями змащувальної рідини.

Однією із основних властивостей оливи є зміна її в'язкості залежно від температури. Під в'язкісними властивостями оливи розуміють сукупність властивостей, що характеризують в'язкість даної оливи в заданих певних умовах роботи залежно від температури, тиску і прикладеного напруження зсуву. З пониженням температури в'язкість оливи підвищується. Залежність в'язкості від температури характеризує в'язкісно-температурні властивості оливи. Від в'язкості, в значній мірі, залежить величина енергетичних втрат під час роботи двигуна, легкість його пуску, якість змивання продуктів спрацювання, прохідність оливи каналами системи мащення.

Потреба перевірки параметрів та характеристик системи мащення автомобільного двигуна у цілому, чи її елементів зокрема, потребує використання спеціального обладнання.

Аналіз досліджень і публікацій. Непостійність умов експлуатації автомобільного двигуна зумовлена пуском двигуна, зміною швидкісних та навантажувальних режимів, змінами пори року, відображається на температурному режимі працюючого двигуна, і є причиною зміни в'язкості. Мастильні матеріали повинні мати оптимальну в'язкість в інтервалі значень робочої температури,

© О.М.Марціяш, І.Т.Іванюра, Ю.В.Булік, Н.І.Іванюра

яка повинна якомога менше залежати від температури навколишнього середовища. Залежність в‘язкості оливи від температури відображається в’язкісно-температурною характеристикою (ВТХ) оливи, за якою визначають її індекс в’язкості (ІВ) [1, 2]. Для визначення характеристик олив, зокрема в’язкісних, в експлуатаційних умовах використовуються віскозиметри та експрес-лабораторії. Використовуючи різні методи дослідження характеристик оливи розробляється спеціальне обладнання і прилади з різним ступенем складності [3].

Для визначення параметрів та дослідження характеристик елементів систем мащення існують також спеціальні стенди та комплекси [4]. Основним стримуючим фактором впровадження такого обладнання в навчальний процес, під час вивчення дисциплін пов’язаних з конструкцією та експлуатацією автомобіля, є його значна вартість. Тому перспективними є розробки спеціалізованого обладнання для визначення окремих властивостей, параметрів і характеристик яке може бути впроваджене в процес навчання без значних затрат коштів [5].

Ціль статті (постановка завдання). Метою роботи є створення стенду для дослідження окремих робочих параметрів і характеристик елементів системи мащення на базі складових частин системи мащення легкового автомобіля, для можливості використання розробки в умовах навчального процесу.

Для цього потрібно встановити досліджувані параметри, підібрати обладнання та створити лабораторний стенд.

Матеріали і результати дослідження. Згідно поставлених завдань розроблено та виготовлено лабораторний стенд, що має змогу імітувати роботу системи мащення двигуна легкового автомобіля. Корисність стенду полягає в можливості наочної демонстрації студентам роботи системи мащення під час проведення лабораторних і практичних робіт зі спеціальних дисциплін.

Володіючи даними, що до конструкції і експлуатації легкового автомобіля [6], за допомогою стенду можна проводити дослідження робочих параметрів системи мащення його двигуна, за умов наближених до експлуатаційних, а також випробовувати елементи системи мащення: оливний насос, фільтр, манометри, датчики тиску в системі мащення.

Крім того на стенді можна виміряти кінематичну в’язкість оливи, а за отриманими результатами визначати індекс в’язкості оливи.

Стенд (рис. 1) складається з приводу – електродвигуна *1* пасової передачі *4*, загальне передавальне число якого підібране таким чином, що дозволяє імітувати роботу оливного насосу *2* з частотою обертання 500 об./хв., яка відповідає частоті обертання колінчастого валу двигуна (ВАЗ-2106) – 2500 об./хв. Номінальний об’єм оливи в системі стенда становить 5 л. Стенд має дві ємності *3, 12* для оливи, виготовлених з термостійких (до 350 ºС) фторпластових пластмас. Нижня ємність *3* виконує функції піддона картера двигуна, з якої проводиться забір оливи. Верхня ємність *12* є мірним оливним резервуаром оливи.

На оливному фільтрі *8* встановлено знімний промисловий електронагрівач потужністю 0,12 кВт (рис. 2), який дає змогу нагрівати оливу у фільтрі до 100ºС, що в свою чергу дозволяє проводити дослідження в різних температурних режимах таких робочих параметрів як тиск, кінематична в’язкість та інших. Також стенд має блок увімкнення електроспоживачів стенду *9*.

Стенд має три незалежних контури, по яких може циркулювати олива, і які вмикаються наявними на стенді п’ятьма кранами *18, 19, 20, 21, 22*. П’ять кранів, крім функції закриття служать для регулювання подачі оливи магістралями потрібного контура. Оливний насос *2* з електромеханічним проводом створює тиск і подає оливу оливними магістралями *5* усіх трьох контурів. Для контролювання тиску в системі встановлені два манометри №1 – *6*, №2 – *7* з межею вимірювання до 0,6 МПа, а також вмонтовані два датчики з показчиками темперамури *10, 11* оливи в системі.

Віскозиметр ВПЖ-4 *13*, вмонтований в один із контурів оливної магістралі і з’єднаний з нижнім резервуаром *3*. За показами хронометра *14* визначається тривалість протікання оливи через капіляр каліброваного отвору віскозиметра *13*. Для цього верхня частина віскозиметра з’єднується з атмосферою за допомогою крана №1 *18*.

За манометрами № 1, 2 можна визначити тиск після оливного фільтра *8* та оливного насоса *2*.

Особливості формування методик проведення лабораторних досліджень полягає у визначенні потрібних робочих параметрів за показами контрольно-вимірювального обладнання, виборі необхідного контуру магістралі шляхом встановлення магістральних кранів у відповідне положення. Таким чином за показами манометрів можливо визначити величини тиску оливи в

системі без нагріву та за умови нагрівання оливи. Крім того використовуючи віскозиметр з необхідним діаметром капіляра відповідно його паспортним даним, проводиться дослідження залежності кінематичної в'язкості оливи від її температури.

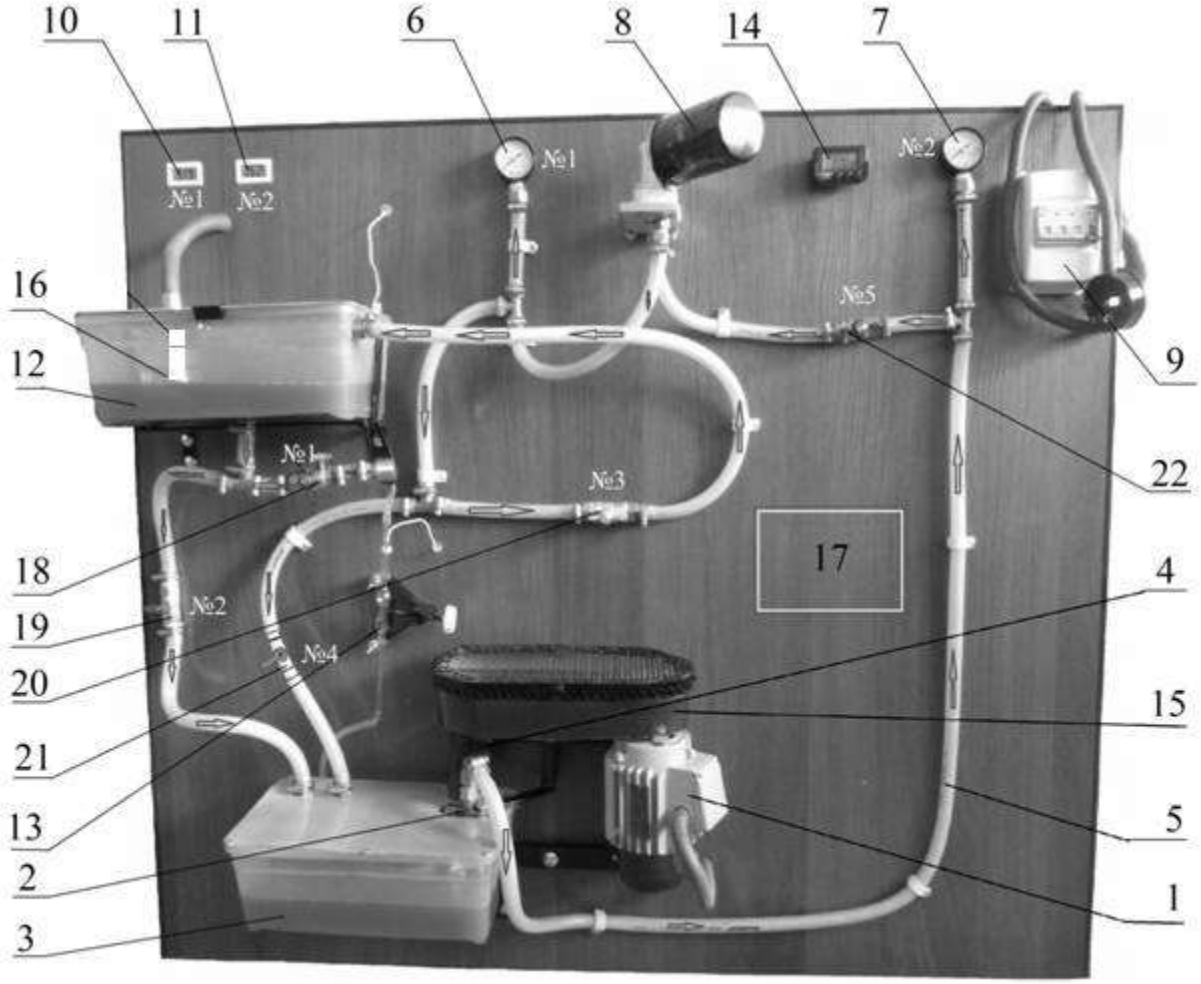


Рис. 1. Стенд для дослідження робочих параметрів системи мащення двигуна легкового автомобіля: *1* – електродвигун; *2* – оливний насос; *3* – ємність для оливи; *4* – привід оливного насоса; *5* - оливна магістраль; *6* – манометр №1; *7* – манометр №2; *8* - оливний фільтр із пристроєм для нагрівання оливи; *9* – блок пакетних автоматів; *10* - показчик температури №1; *11* – показчик температури №2; *12* – замірний оливний резервуар; *13* – віскозиметр ВПЖ-4; *14* – хронометр; *15* - захисний кожух; *16* – вимірювальна лінійка; *17* - паспорт віскозиметра ВПЖ-4; *18* – кран №1; *19* – кран №2; *20* – кран №3; *21* – кран №4; *22* – кран №5



Рис. 2. Оливний фільтр обладнаний електронагрівачем

© О.М.Марціяш, І.Т.Іванюра, Ю.В.Булік, Н.І.Іванюра

Для визначення кінематичної в'язкості (ν) оливи за різних температур, потрібний середній час витікання оливи від верхньої мітки до нижньої мітки помножений на постійну віскозиметра, тобто:

$$\nu = \frac{K \times T_{сер} \times g \times k}{g_н}\ , \qquad (1)$$

де K – постійна віскозиметра (за паспортом приладу), сСт/с або мм²/с;

$T_{сер}$ – середньоарифметичний час перетікання оливи, с;

g – прискорення сили тяжіння в місці випробування, мм/с²;

$g_н$ – нормальне прискорення сили тяжіння ($g_н$ = 9807), мм/с²;

k – коефіцієнт, що враховує зміну гідростатичного натиску оливи у віскозиметрі в результаті розширення його при нагріванні, $k \approx 1{,}0$.

Приклад отриманих результатів проведених дослідів для визначення залежності кінематичної в'язкості оливи від зміни її температури в інтервалі – 25-100 ºС, зведені в таблиці 1. В'язкісно-температурна характеристика оливи, побудована за результатами експерименту, наведена на рисунку 3.

Таблиця 1

Результати дослідів проведених для визначення залежності кінематичної вязкості оливи від її температури

Вимірювані величини	Температура оливи, t, ºС			
	25	50	75	100
Дослід № 1. Час перетікання оливи, с	762	230	56	39
Дослід № 2. Час перетікання оливи, с	730	231	62	40
Дослід № 3. Час перетікання оливи, с	749	227	58	38
Середній час перетікання оливи, $T_{сер}$, с	747	229	59	39
Постійна віскозиметра (за паспортом), K, мм²/с²	0,2531	0,2531	0,2531	0,2531
Нормальне прискорення сили тяжіння, gн, мм/с²	9807	9807	9807	9807
Прискорення сили тяжіння в місці випробування, g, мм/с²	≈ 9810	≈ 9810	≈ 9810	≈ 9810
Коефіцієнт, що враховує зміну гідростатичного натиску оливи у віскозиметрі в результаті розширення його при нагріванні від температури при заповненні віскозиметра до температури досліду, k	≈ 1,0	≈ 1,0	≈ 1,0	≈ 1,0
Кінематична в'язкість,ν, сСт (мм²/с)	189	58	15	10

© О.М.Марціяш, І.Т.Іванюра, Ю.В.Булік, Н.І.Іванюра

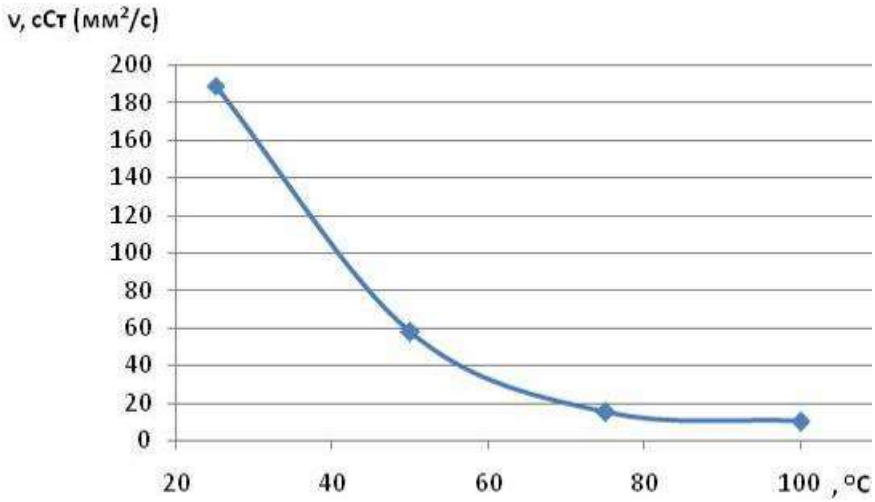


Рис. 3. В’язкісно-температурна характеристика досліджуваної оливи.

Індекс в'язкості оливи – умовний показник, що отримується шляхом порівняння в’язкості досліджуваної оливи з еталонними. Індекс в’язкості характеризує в’язкість оливи. Чим він вищий, тим в’язкісно-температурні властивості оливи кращі. Визначити індекс в'язкості можна за допомогою номограми [2].

Висновки. Розроблений стенд використовується під час проведення лабораторних досліджень в навчальному процесі. Дана розробка дозволяє проілюструвати взаємодію основних елементів системи мащення автомобільного двигуна, зняти робочі параметри тиску оливи в системі, дослідити в’язкісно-температурні властивості оливи.

За визначеними величинами в'язкості і індексів в'язкості перевіряється їх відповідність вимогам технічних норм на оливу здійснюється оцінка її пускових властивостей. Як наслідок формулюється заключення про придатність випробовуваної моторної оливи для експлуатації в системі мащення певного автомобільного двигуна внутрішнього згорання.

1. ДСТУ ГОСТ 25371:2006 Нафтопродукти. Розрахунок індексу в’язкості за кінематичною в’язкістю. (ГОСТ 25371-97, IDT), (ИСО 9209-81). Держспоживстандарт України, 2006р.; УКНД 75.080, 7 с. Зі скасуванням в Україні ГОСТ 25371-82. Вв-й в дію 01.03.2007.
2. Полянский С.К. Експлуатаційні матеріали: Підручник / С.К. Полянский, В.М.Коваленко. – К.: Либідь, 2003. – 448с.
3. Оборудование диагностики масел. Диамас. Каталог оборудования: [Електронний ресурс] // ООО «Диамас» 2007-2010. URL: http://www.diamas.ru/
4. Автосервисное оборудование. Стенд проверки и регулировки масляных насосов двигателей: [Електронний ресурс] // Гаражное оборудование для автосервиса и СТО «Авто-Капитал». 2005-2014. URL: http://www.avk76.ru/catalog/detail.php?ID=3104
5. Марціяш О.М. Стенд для визначення деяких характеристик гідравлічного привода гальмівної системи легкового автомобіля / О.М. Марціяш // Вісник. Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. №15 [204], Ч.2 – Луганськ. – 2013. – С.100-103.
6. Игнатов А.П. Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию ВАЗ-2103 и ВАЗ-2106 и их модификаций / А.П. Игнатов, К.В. Новокшонов, К.Б. Пятков, В.А. Яметов. – М.: Третий Рим, 1999. –168с.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2014.

© О.М.Марціяш, І.Т.Іванюра, Ю.В.Булік, Н.І.Іванюра

УДК 629.113:504.06

В.П.Матейчик, М.П.Цюман, Г.О.Вайганг
Національний транспортний університет

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ «ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК - ДОРОГА»

Розроблено математичну модель системи «транспортний потік – дорога», що дозволяє розраховувати рівень забруднення придорожнього середовища транспортними потоками в залежності від параметрів транспортних потоків, характеристик дороги та погодно-кліматичних умов та є основою інформаційно-аналітичної системи моніторингу забруднення придорожнього середовища, інтегрованої з ГІС.

Ключові слова*: транспортний потік, дорога, середовище, забруднення, модель.*
Рис 6. Табл 1 Літ 10

В.П.Матейчик, Н.П.Цюман, А.А.Вайганг

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК – ДОРОГА»

Разработана математическая модель системы «транспортный поток - дорога», позволяющая рассчитывать уровень загрязнения придорожной среды транспортными потоками в зависимости от параметров транспортных потоков, характеристик дороги и погодно-климатических условий и является основой информационно-аналитической системы мониторинга загрязнения придорожной среды, интегрированной с ГИС.

Ключевые слова*: транспортный поток, дорога, среда, загрязнение, модель.*

V.Mateichyk, M.Tsiuman, H. Vayhanh

SIMULATION OF THE SYSTEM “TRAFFIC FLOW – ROAD”

The model of the functioning of the "traffic flow - road", which describes its basic processes, including the formation of harmful substances, heat and noise radiation of a individual vehicle and traffic flow in general, the formation of an appropriate level of contamination of roadside environment for certain sections of the road and the management of these processes in order to reducing the harmful effects of traffic on the roadside environment.

The mathematical model of the "traffic flow – road" is based on the functioning model, which allows to calculate the level of contamination of roadside environment by traffic flow based on mass and dimensional parameters, environmental classes, types of fuel used, the mode of movement of vehicles, that make traffic flow, as well as transport and road traffic conditions and environmental exposure factors on the distribution of pollutants. The feature of the mathematical model is the ability to consider the impact on the environmental performance of individual vehicles of a large number of internal parameters, including engine and transmission options, technical condition and temperature control units of vehicles, such as motor and catalytic converter.

The mathematical model of the "traffic flow - road" is the basis of information-analytical system for monitoring contamination of roadside environment that provides rapid data collection of traffic flow parameters , the characteristics of the road and weather conditions , analysis and visualization of the results to determine the level of contamination of roadside environment by traffic flow using GIS.

Keywords: *traffic flow, road, environment, contamination, model.*

Постановка проблеми. Ключове місце при вирішенні проблеми екологічного стану навколишнього середовища займає задача моніторингу забруднення довкілля, спричиненого транспортними потоками (ТП). Система екологічного моніторингу транспортних потоків повинна забезпечувати отримання оперативних даних про рівень інгредієнтного і параметричного забруднення навколишнього середовища транспортними потоками, зокрема масові викиди та вміст основних шкідливих речовин, які викидаються з відпрацьованими газами (ВГ) транспортних засобів (ТЗ), в повітрі придорожнього середовища та рівень шуму транспортних потоків з урахуванням категорії і маси ТЗ, їх вікового складу та екологічних класів, виду палива, режимів руху ТЗ, що залежать від дорожніх умов (поздовжній і поперечний нахил дороги, план, відстань видимості, облаштованість дороги, тип і стан покриття та ін.) та факторів впливу навколишнього середовища на розповсюдження забруднюючих речовин (напрямок та швидкість вітру, клас стійкості атмосфери, кількість сонячної радіації).

Розробка такої системи екологічного моніторингу представляє складну науково-технічну задачу, що пов’язане зі збором і обробкою інформації про необхідні параметри транспортних потоків і стан дороги та придорожнього середовища, аналізом отриманої інформації для визначення рівня забруднення придорожнього середовища даним транспортним потоком на даній ділянці дороги, візуалізація результатів аналізу для швидкого сприйняття їх

©В.П.Матейчик, М.П.Цюман, Г.О. Вайганг

безпосередніми виконавцями дослідження або автоматичною системою прийняття рішень щодо впровадження заходів зі зниження рівня забруднення придорожнього середовища.

Найбільш важливою складовою даної науково-технічної задачі є розробка підсистеми аналізу оперативної інформації про параметри транспортного потоку і стан дороги та придорожнього середовища для визначення рівня забруднення придорожнього середовища даним транспортним потоком на даній ділянці дороги. Основою такої підсистеми є математична модель, що дозволяє оцінювати вплив окремих транспортних засобів і транспортних потоків в цілому на навколишнє середовище. Розробка такої математичної моделі системи «транспортний потік - дорога» дозволила б здійснювати комплексне дослідження рівня забруднення придорожнього середовища транспортними потоками в системі екологічного моніторингу.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженням шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище присвячені роботи Луканіна В.Н. і Ю.В.Трофименка [6,7,10].

З використанням математичної моделі руху автомобіля проводились дослідження токсичності транспортних засобів в експлуатаційних умовах в системі «водій - автомобіль - дорога – середовище» в докторській дисертації Гутаревича Ю.Ф [2].

Широко застосувались методи системного аналізу в [8] для розробки математичної моделі системи «дорожній транспортний засіб», яка дозволяє оцінювати рівень екологічної безпеки та здійснювати вибір способів її підвищення для дорожніх транспортних засобів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Пряме використання результатів попередніх досліджень для вирішення поставленої задачі недопустиме внаслідок істотних змін якісного складу автомобільного парку з моменту виконання попередніх досліджень, непристосованості вхідних даних, що використовуються в існуючих математичних моделях до можливостей технічних засобів збору та обробки інформації про параметри транспортних потоків і стан дороги та придорожнього середовища, відсутності загальної системної моделі, яка б дозволяла в режимі реального часу на основі параметрів окремих транспортних засобів, що складають транспортних потік певної інтенсивності, який рухається з визначеною швидкістю на визначеній ділянці дороги з відповідними атмосферними, природними і кліматичними умовами оцінювати рівень інгредієнтного і параметричного забруднення навколишнього середовища поблизу цієї дороги.

Тому, розглянуті результати попередніх досліджень в напрямку поставленої проблеми являють собою основу для розробки математичної моделі системи «транспортний потік - дорога», що може бути застосована в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків.

Метою статті є розробка математичної моделі системи «транспортний потік - дорога» для визначення рівня забруднення придорожнього середовища в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків.

Результати досліджень. Система «транспортний потік – дорога» (рис. 1) чинить багатокомпонентну дію на придорожнє середовище: інгредієнтну (викиди шкідливих речовин) і параметричну (шумове і теплове забруднення).



Рис.1. **Структура системи «транспортний потік - дорога»**

В результаті параметричного опису системи «транспортний потік – дорога» до основних параметрів, що характеризують інгредієнтне забруднення придорожнього середовища транспортними потоками, віднесено: оксид вуглецю CO; вуглеводні C_mH_n, зокрема і ті, що мають канцерогенні властивості; оксиди азоту NO_x; тверді частинки ТЧ і сажа C; двооксид сірки SO_2; сполуки свинцю Pb. Рівень інгредієнтного забруднення придорожнього середовища залежить від параметрів, що характеризують режими руху, категорії транспортних засобів, що складають транспортний потік, їх екологічні класи, вид використовуваного палива.

Моніторинг рівня забруднення придорожнього середовища системою «транспортний потік - дорога» найбільш ефективно може бути забезпечений при використанні географічних інформаційних систем (ГІС) [9]. На основі ГІС можуть створюватися підсистеми для вирішення задач управління і прийняття рішень щодо заходів з попередження забруднення навколишнього середовища, а також геоінформаційні модулі, які будуть доступні через мережу Інтернет. Концептуальна модель системи моніторингу та прогнозування забруднення придорожнього середовища транспортними потоками з використанням ГІС повинна складатися з чотирьох основних підсистем (рис. 2):

- підсистема збору і збереження інформації з використанням даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), статистичних даних та наземних спостережень;
- підсистема управління, обробки та аналізу даних з розрахунком рівня забруднення придорожнього середовища та блоком обробки картографічної інформації та створенням реляційної бази даних з оперативними даними;
- підсистема моделювання рівня забруднення придорожнього середовища;
- підсистема відображення і виводу інформації з інтеграцією всіх даних та наданням можливості візуалізації забруднень.

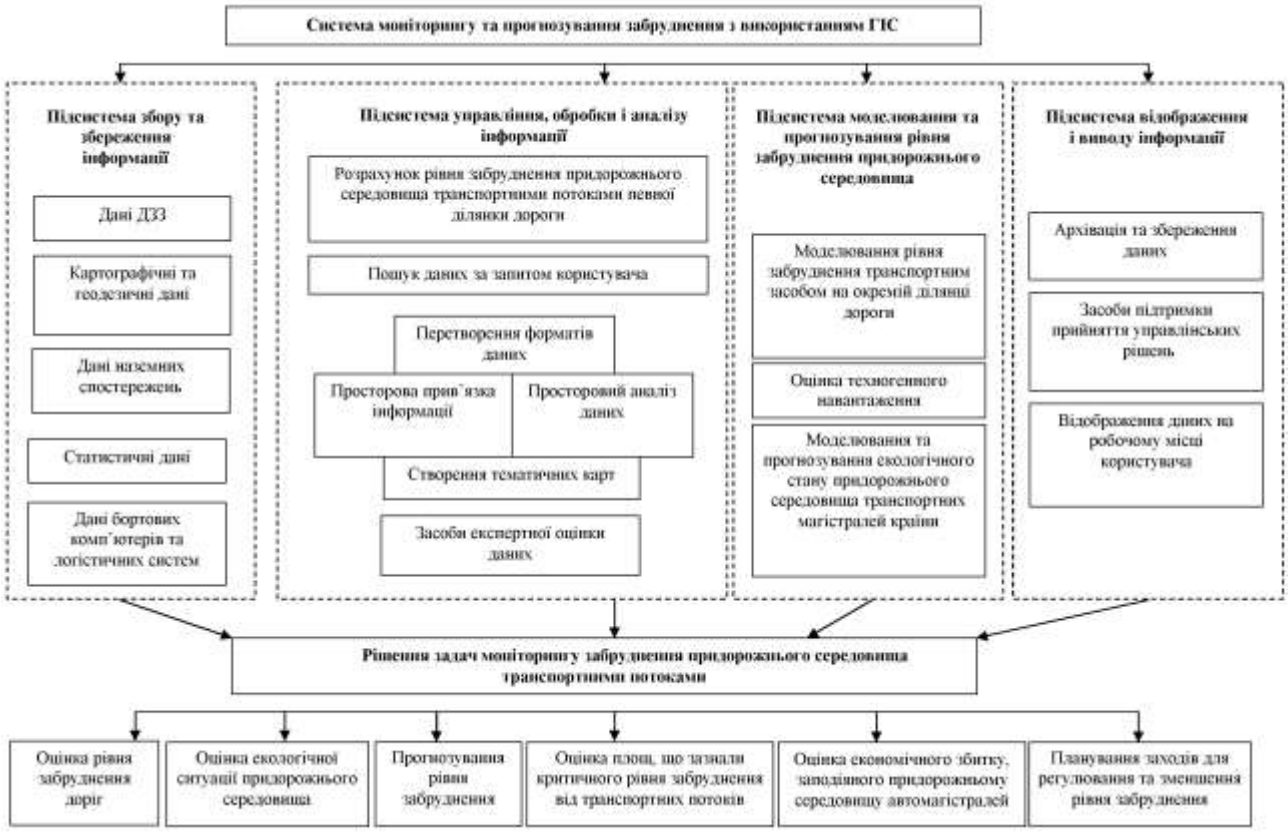


Рис. 2. **Концептуальна модель системи моніторингу та прогнозування забруднення придорожнього середовища транспортними потоками з використанням ГІС**

З метою розробки математичної моделі системи «транспортний потік – дорога» спочатку представимо її в системних об'єктах (рис. 3). Отримана таким чином модель функціонування системи описує процеси утворення шкідливих речовин, теплового та шумового випромінювання окремого транспортного засобу (рівні A, C, D), процеси управління окремими підсистемами транспортних засобів, зокрема і з метою мінімізації викидів шкідливих речовин, шумового та теплового забруднення середовища окремими ТЗ (рівні B, E), формування загальної шкідливої дії транспортного потоку на придорожнє середовище (рівень F), формування відповідного рівня забруднення придорожнього середовища визначеної ділянки дороги (рівень G), управління параметрами транспортного потоку, дороги та її облаштування з метою зниження рівня інгредієнтного і параметричного забруднення придорожнього середовища (рівні H, I). Умовні позначення параметрів системи «транспортний потік - дорога», що використані на рис. 3 наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Умовні позначення в моделі функціонування системи «транспортний потік - дорога» (рис. 3)

№ п/п	Позначення	Найменування
1.	p_0, T_0	Параметри стану навколишнього середовища
2.	$G_{пал}$,$G_{пов}$	Витрати палива і повітря ТЗ
3.	M_e , $n_д$	Крутний момент і частота обертання колінчастого вала двигуна
4.	m_i, E_T, W	Масові викиди шкідливих речовин, теплова енергія та шумове випромінювання енергоустановкою ТЗ
5.	g_e	Питома ефективна витрата палива двигуном
6.	$\eta_{тр}$	К.к.д. трансмісії
7.	M_k , n_k	Крутний момент і частота обертання на ведучих колесах ТЗ

8.	P_W , P_f , P_i	Сили опору повітря, коченню та підйому ТЗ
9.	V_a , dV_a / dt	Швидкість та прискорення ТЗ
10.	m_{ikpj} , L_k	Викиди шкідливих речовин та рівень звукового тиску ТЗ
11.	$\varphi_{в\,i}$, $v_{в\,i}$, $n_{д\,к\,i}$	Ступінь та швидкість натискання на важіль управління паливоподачею та частота обертання при перемиканні на вищу передачу
12.	$t_{n\,i}$, u_i	Час перемикання та передаточне число відповідної передачі коробки передач
13.	ψ, φ	Коефіцієнт дорожнього опору та коефіцієнт зчеплення коліс ТЗ з дорогою
14.	u	Швидкість вітру
15.	s, $r_{см}$, l, $l_{вид}$	Кількість та ширина смуги дороги, інтервал між ТЗ, відстань видимості
16.	I, V	Інтенсивність та швидкість ТП
17.	M_i, $E_{\Sigma T}$, W_Σ	Викиди *i*-тої шкідливої речовини, теплової та акустичної енергії ТП
18.	M_i', $E_{\Sigma T}'$, W_Σ'	Обсяги розсіювання *i*-тої шкідливої речовини за межі придорожнього середовища, поглинутої теплової та акустичної енергії елементами дорожніх споруд
19.	M_i'', $E_{\Sigma T}''$, W_Σ''	Обсяги *i*-тої шкідливої речовини, непоглинутої теплової та акустичної енергії, що залишаються в придорожньому середовищі
20.	C_i, $ГДК_i$	Вміст і гранично допустима концентрація *i*-тої шкідливої речовини у повітрі придорожнього середовища
21.	$L_{екв\,\Sigma}$, $ГДР$	Еквівалентний та гранично допустимий рівень шуму в придорожньому середовищі

Математична модель системи «транспортний потік – дорога», що побудована на основі наведеної вище моделі функціонування, дозволяє розраховувати рівень забруднення придорожнього середовища транспортними потоками в залежності від масо-габаритних параметрів, екологічних класів, видів використовуваного палива, режимів руху ТЗ, що складають ТП, а також транспортних та дорожніх умов руху та факторів впливу навколишнього середовища на розповсюдження забруднюючих речовин. Окрім названих факторів на екологічні показники окремих ТЗ значно впливає велика кількість їх внутрішніх параметрів, зокрема параметри двигуна та трансмісії, технічний стан та температурний режим агрегатів ТЗ, таких як двигун та нейтралізатор. Ці внутрішні параметри, що складають, так званий, розширений перелік параметрів ТЗ, достатньо складно оперативно отримати від ТЗ, що рухаються в транспортному потоці. Тому, при моделюванні екологічних показників окремих ТЗ в транспортному потоці застосовують підхід, що складається з двох етапів:

- попереднє визначення екологічних показників ТЗ різних категорій з використанням математичної моделі руху автомобіля на макрорівні [1] в залежності від розширеного переліку внутрішніх параметрів ТЗ в різних режимах і умовах їх руху та з різним завантаженням;

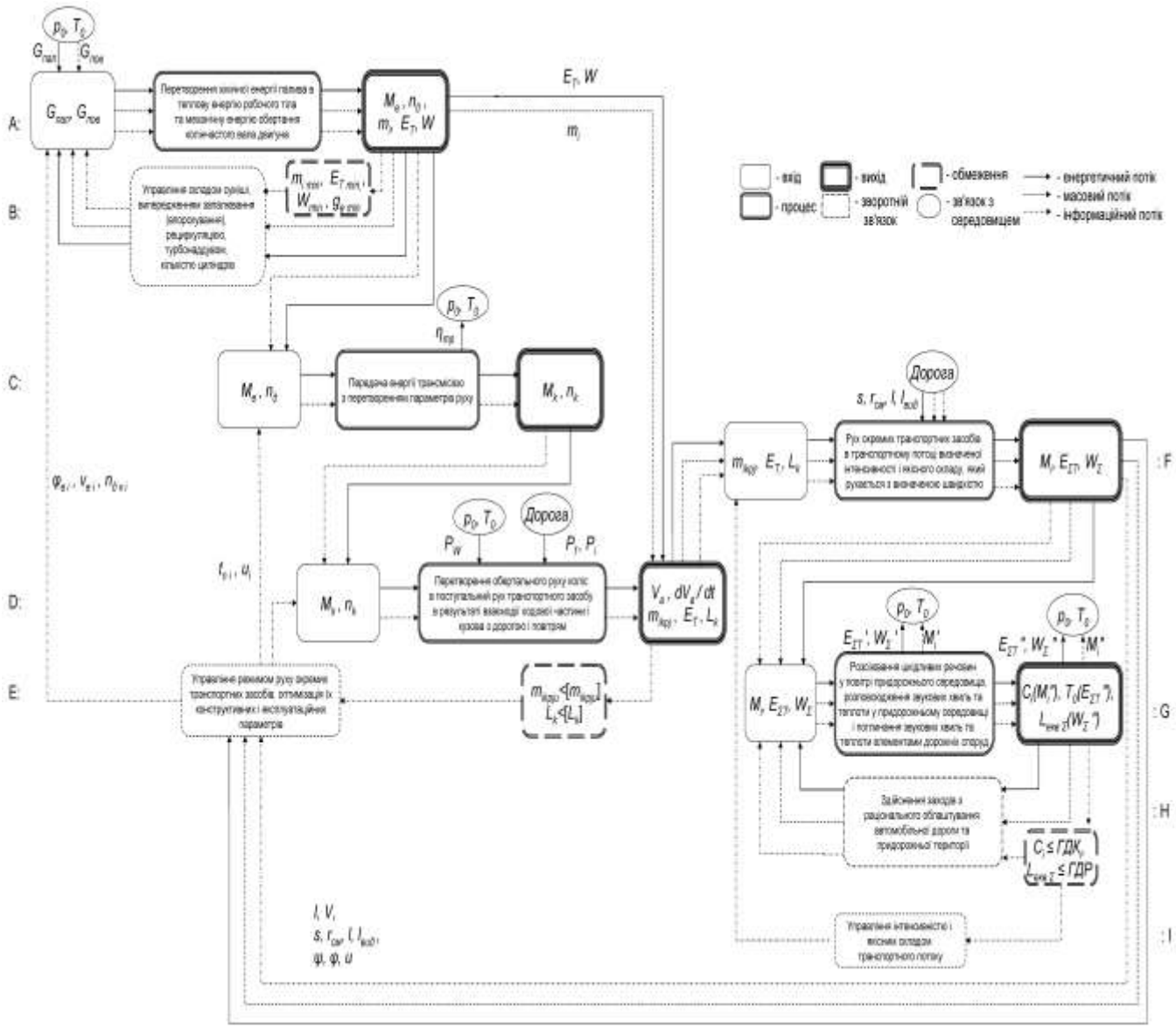


Рис. 3. **Модель функціонування системи «транспортний потік дорога»**

- оперативне визначення екологічних показників ТЗ в функції від часу з використанням емпіричних математичних моделей, побудованих на основі даних першого етапу моделювання, в залежності від масо-габаритних параметрів ТЗ, їх екологічних класів, виду використовуваного палива, режимів руху ТЗ, стану дорожнього покриття і погодних умов.

З метою реалізації першого етапу моделювання використовуються положення теорії автомобіля [4]. Для встановлення впливу параметрів двигуна та режимів його роботи на екологічні показники транспортних засобів використовується математична модель робочого процесу двигуна, розроблена на основі методу об'ємного балансу [3]. Як приклад, на рис. 4 зображена укрупнена структура математичної моделі руху автомобіля, обладнаного двигуном з іскровим запалюванням з системами рециркуляції та нейтралізації відпрацьованих газів.

Математична модель реалізує чотири основних процеси: перетворення в ДВЗ хімічної енергії палива $E_х$ в теплову $E_т$, а потім в механічну $E_м$ (рівень А), знешкодження шкідливих компонентів ВГ в нейтралізаторі (рівень С), передача енергії від ДВЗ до коліс з перетворенням параметрів руху, тобто робочий процес трансмісії автомобіля (рівень Е) та перетворення обертального руху коліс в поступальний рух автомобіля, тобто процес взаємодії ходової частини та кузова автомобіля з середовищем (дорогою та повітрям) (рівень G). Управління цими процесами відбувається за допомогою зворотних зв'язків (рівні B, D, F і H).

Входом системи на рівні А є паливо $G_{\text{пал}}$, повітря $G_{\text{пов}}$, які надходять із навколишнього середовища, що характеризується тиском p_0 і температурою T_0, та рециркульовані ВГ $G_{R_{ВГ}}$, кількістю яких керує зворотний зв'язок (рівень В). Кількість повітря $G_{\text{пов}}$ визначається в залежності від параметрів навколишнього середовища, геометричних параметрів впускної системи (довжина $l_{вп}$ і діаметр $d_{вп}$ впускного колектора), ефективних прохідних перерізів впускного $\mu f_{вп.к}$ і випускного $\mu f_{вип.кл.}$ клапанів, фаз відкриття $\varphi_{в.вп.}$ і закриття $\varphi_{з.вп.}$ впускного клапану, величини підігріву повітря у впускній системі $\Delta T_{вп}$, частоти обертання колінчастого вала двигуна $n_д$ і ступеня відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$, кількості рециркульованих ВГ $G_{R_{ВГ}}$, яка в свою чергу залежить від ступеня відкриття клапану рециркуляції ВГ $f_{ВГ}$. В залежності від кількості повітря і необхідного коефіцієнту надлишку повітря α визначається кількість палива $G_{\text{пал}}$.

Ці вхідні компоненти, а також інформаційні дані про частоту обертання колінчастого вала $n_{\text{д}}$, кут відкриття дросельної заслінки $\varphi_{\text{др}}$ і ступінь рециркуляції ВГ $R_{\text{ВГ}}$ передаються в процес рівня А. В процесі цього рівня відбувається перетворення хімічної енергії $E_{\text{х}}$ горючої суміші в теплову енергію $E_{\text{т}}$, яка визначається параметрами стану робочого тіла: масою m, об'ємом V, тиском p і температурою T та перетворюється в механічну енергію $E_{\text{м}}$, що характеризується крутним моментом M_e і частотою обертання $n_д$ колінчастого вала. Частина вхідної енергії в цьому процесі втрачається внаслідок тертя і теплообміну в двигуні і віддається в навколишнє середовище у вигляді теплоти систем мащення $Q_{ол}$ і охолодження $Q_{ох}$. Отримана механічна енергія $E_{\text{м}}$, відпрацьовані гази $G_{\text{ВГ}}$, теплова енергія, кількість якої залежить від кількості ВГ та їх температури $T_{ВГ}$ та шумове забруднення W являють собою вихід рівня А.

Зворотній зв'язок (рівень В) забезпечує управління складом суміші, кутом випередження запалювання θ і ступенем рециркуляції ВГ $R_{ВГ}$. Управляючими параметрами для визначення складу суміші є режим роботи двигуна і концентрація кисню C_{O_2} у ВГ, а реалізуються необхідний склад суміші відповідним часом впорскування палива $t_{впр}$. Ступінь рециркуляції ВГ $R_{ВГ}$ залежить від режиму роботи двигуна і визначається величиною відкриття клапана рециркуляції ВГ. Кут випередження запалювання також залежить від режиму роботи двигуна, ступеня рециркуляції ВГ і сигналу датчика детонації $p_{ДД}$. Головною метою оптимізації цих параметрів є забезпечення мінімальної питомої ефективної витрати палива $g_{e\min}$ на всіх режимах роботи двигуна.

Входом процесу рівня С є теплова енергія $E_{\text{т}}$, яку несуть с собою відпрацьовані гази $G_{\text{ВГ}}$. В результаті протікання процесу нейтралізації, в залежності від його ефективності, токсичні компоненти ВГ оксид вуглецю CO, вуглеводні $C_{\text{m}}H_{\text{n}}$ і оксиди азоту NO_{x} перетворюються в нетоксичні вуглекислий газ CO_2, воду H_2O і азот N_2 з використанням теплової енергії ВГ, частина якої $Q_{ст}$ віддається в навколишнє середовище через стінки елементів випускної системи.

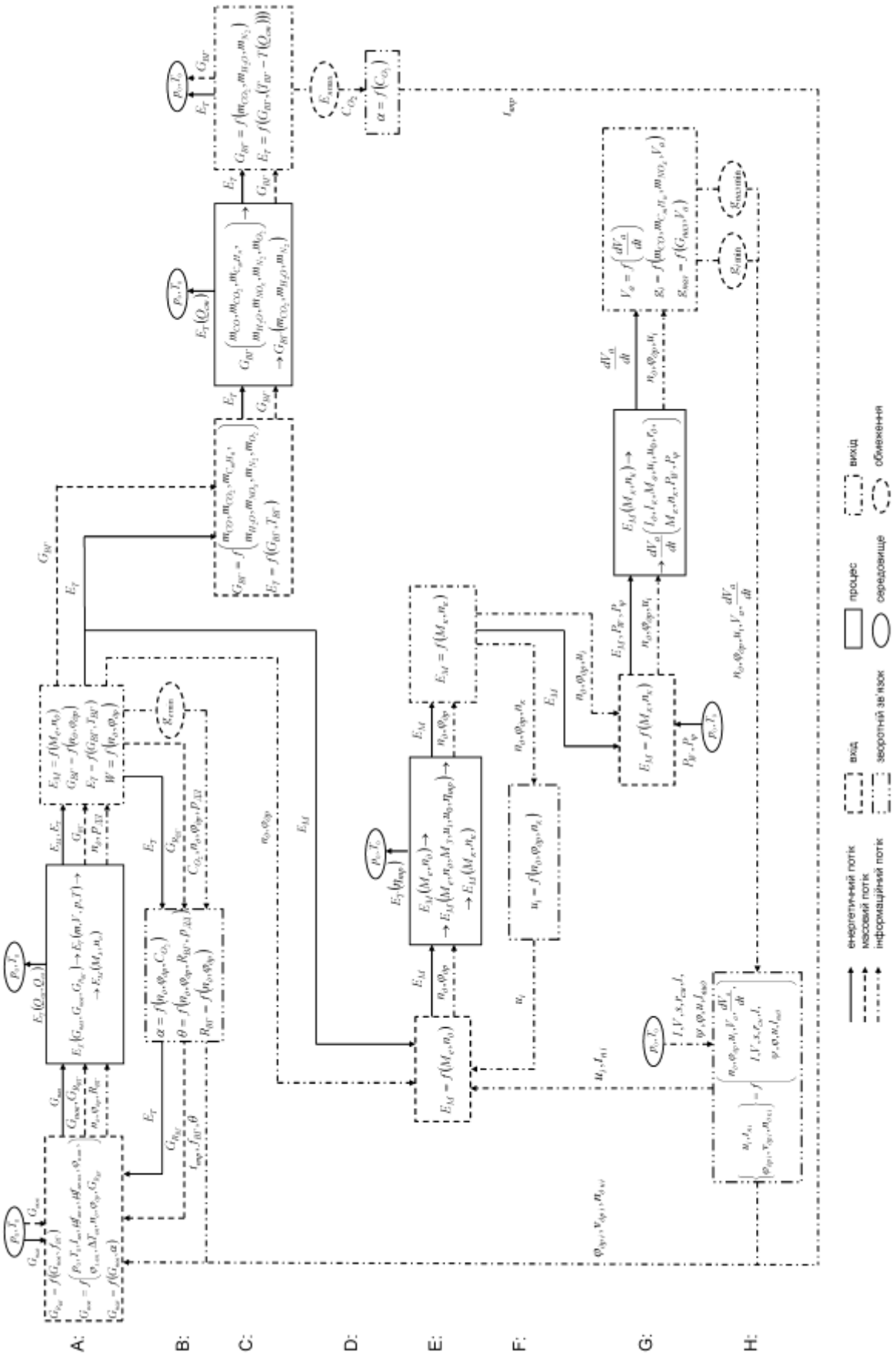


Рис. **4 .Укрупнена структура математичної моделі руху автомобіля**

Виходом рівня С є очищені ВГ і залишкова теплова енергія, які потрапляють в навколишнє середовище. На рівні D зворотний зв'язок здійснює контроль ефективності процесів нейтралізації, аналізуючи вміст кисню в очищених ВГ, та реалізує за необхідності додаткову корекцію складу паливоповітряної суміші для забезпечення максимальної ефективності нейтралізації $E_{n\max}$.

Системні об'єкти рівнів Е і F описують трансмісію автомобіля. Енергетичний вихід процесу рівня А (M_e і $n_д$) є входом процесу рівня Е. Результатом передачі енергії трансмісією є крутний момент $M_к$ на колесах, величина якого в загальному випадку залежить від моменту тертя зчеплення $M_З$, передаточних чисел коробки передач u_i, головної передачі u_0 та к.к.д. трансмісії $\eta_{тр}$, і частота обертання коліс автомобіля $n_к$. В процесі передачі механічної енергії до коліс автомобіля частина цієї енергії втрачається на тертя в елементах трансмісії і віддається в навколишнє середовище у вигляді теплової енергії, що визначається $\eta_{тр}$.

Автоматичний вибір передаточних чисел коробки передач u_i для зближення показників на виході з необхідними забезпечує підсистема зворотного зв'язку (рівень F) у випадку застосування автоматичної трансмісії. Передаточне число визначається в цьому випадку в залежності від режиму роботи двигуна і частоти обертання ведучих коліс автомобіля або вихідного вала коробки передач.

Внаслідок взаємодії автомобіля через ходову частину (колеса) і кузов з середовищем (дорогою і повітрям), що характеризується силою дорожнього опору P_ψ і силою опору повітря P_W, здійснюється перетворення обертального руху коліс в поступальний рух автомобіля (рівень G). В процесі такої взаємодії механічна енергія обертання коліс перетворюється в механічну енергію руху автомобіля, яка в загальному випадку характеризується прискоренням, що визначає режим руху автомобіля (розгін, усталений рух, сповільнення) та залежить від зведених моментів інерції двигуна $I_д$ і коліс $I_к$ автомобіля, його маси M_a, передаточного числа трансмісії, динамічного радіуса коліс $r_д$, їх частоти обертання і крутного моменту на ведучих колесах, сил опору руху автомобіля. Виходом підсистеми G і системи загалом є швидкість автомобіля V_a та його прискорення $\frac{dV_a}{dt}$, питомі витрата палива $g_{пал}$ і викиди шкідливих речовин g_i за одиницю пробігу автомобіля.

Зворотній зв'язок (рівень Н) управляє процесами рівнів А і Е для реалізації необхідного закону руху автомобіля $V_a = f(S)$ або $V_a = f(t)$, що залежить від дорожніх, транспортних, атмосферних та інших факторів, які мають місце на реальному маршруті (інтенсивності I і швидкості руху V транспортного потоку, кількості смуг руху s і їх ширини $r_{см}$, інтервалу між ТЗ l, коефіцієнта дорожнього опору ψ, коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою φ, швидкості і напрямку вітру u, відстані видимості $l_{вид}$), а також мінімізації питомої витрати палива $g_{пал\min}$ і питомих викидів шкідливих речовин $g_{i\min}$, через завдання значень величини $\varphi_{дрі}$ і швидкості $v_{дрі}$ відкриття дросельної заслінки, частоти обертання двигуна $n_{дкі}$, при якій відбувається переключення на більш високу передачу при розгоні, вибір передаточного числа u_i коробки передач і часу переключення передачі $t_{пі}$.

Ці параметри визначають режими роботи двигуна, тобто значення витрат палива $G_{пал}$ і повітря $G_{пов}$, необхідних для отримання крутного моменту M_e і частоти обертання $n_д$ двигуна для реалізації того чи іншого закону руху автомобіля.

Приведена вище методика моделювання рівня забруднення придорожнього середовища транспортними потоками є важливою складовою в підсистемі аналізу оперативної інформації про параметри транспортного потоку, характеристики дороги та погодно-кліматичні умови, що складають вхідні дані (рис. 5) в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків.

Загальна принципова схема інформаційно-аналітичної системи моніторингу транспортних потоків зображена на рис. 6.



Рис. 5. **Комплекс вхідної інформації для роботи системи моніторингу**



Рис. 6 . **Загальна принципова схема інформаційно-аналітичної системи моніторингу транспортних потоків**

З метою забезпечення оперативності надходження вхідних даних в інформаційно-аналітичну систему, застосовують бортові інформаційно-діагностичні комплекси на ТЗ, що забезпечують надходження даних в режимі реального часу на спеціально створений сервер [5]. Застосування ГІС забезпечує візуалізацію результатів оцінки рівня інгредієнтного і параметричного забруднення придорожнього середовища конкретної автомагістралі.

Висновки. Розроблено модель функціонування системи «транспортний потік – дорога», що описує її основні процеси, зокрема утворення шкідливих речовин, теплового та шумового випромінювання окремого транспортного засобу та транспортного потоку в цілому, формування відповідного рівня забруднення придорожнього середовища визначеної ділянки дороги та управління цими процесами з метою зниження шкідливої дії транспортних потоків на придорожнє середовище.

На основі розробленої моделі функціонування побудована математична модель системи «транспортний потік – дорога», що дозволяє розраховувати рівень забруднення придорожнього середовища транспортними потоками в залежності від масо-габаритних параметрів, екологічних класів, видів використовуваного палива, режимів руху ТЗ, що складають ТП, а також транспортних та дорожніх умов руху та факторів впливу навколишнього середовища на розповсюдження забруднюючих речовин. Особливістю математичної моделі є можливість врахування впливу на екологічні показники окремих ТЗ великої кількості їх внутрішніх

параметрів, зокрема параметрів двигуна та трансмісії, технічного стану та температурного режиму агрегатів ТЗ, таких як двигун та нейтралізатор.

Розроблена математична модель системи «транспортний потік – дорога» є основою інформаційно-аналітичної системи моніторингу забруднення придорожнього середовища, яка забезпечує оперативний збір та обробку даних про параметри транспортного потоку, характеристики дороги та погодно-кліматичні умови, аналіз і візуалізацію результатів визначення рівня забруднення придорожнього середовища транспортними потоками з використанням ГІС.

В сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій удосконалення інформаційно-аналітичної системи моніторингу транспортних потоків можливе за рахунок розширення пакету аналізу оцінювання рівня інгредієнтного та параметричного забруднення придорожнього середовища транспортними потоками; адаптації та імпорту отриманих результатів до систем прийняття рішень та надання рекомендацій на їх основі.

1. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях: [Монографія] / Ю.Ф. Гутаревич –К.: Вища школа, 1991. - 179 с.
2. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов: дис. ... докт. техн. наук: 05.04.02, 05.22.10 / Гутаревич Юрий Феодосиевич. – К., 1986.
3. Дяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння: Теорія: підручник / В.Г. Дяченко; за ред. А.П. Марченка. - Харків: НТУ ХПІ, 2008. – 488 с.
4. Зимелев Г.В. Теория автомобіля / Г.В. Зимелев - М.: Воениздат, 1957. - 455 с.
5. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортних систем: монография / В.П.Волков, В.П.Матейчик, О.Я.Никонов и др.; под ред. В.П. Волкова – Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013. – 398 с.
6. Луканин В.Н. Постановка оптимизационных задач в системе «Автотранспортный комплекс - окружающая среда» / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко, А.В. Ефремов // Транспорт: наука, техника, управление. Сборник обзорной информации. - 1993. - № 5. - С. 5-12.
7. Луканин В.Н. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко // ВИНИТИ. Итоги науки и техники. Сер. Автомобильный и городской транспорт. – М., 1996. – 339 с.
8. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: Монографія / В.П. Матейчик – К.: НТУ, 2006. – 216 с.
9. Мокін В.Б. Оптимальний вибір ГІС-програм для інтернет-картографування даних екологічного моніторингу / В.Б. Мокін, М.С. Вікторов // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 2. – С. 57-63.
10. Трофименко Ю.В. Теория экологических характеристик автомобильных енергоустановок: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.04.02, 05.22.10 / Трофименко Юрий Васильевич; Московский автомобильно-дорожный институт. - М., 1996. – 43 с.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©В.П.Матейчик, М.П.Цюман, Г.О. Вайганг

УДК 629.015

Є.Г.Опанасюк, Д.Б.Бегерський, О.Є.Опанасюк.
Житомирський державний технологічний університет

ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ ДВИГУНА З РЕГУЛЬОВАНИМ ТИСКОМ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

В статті наведено аналіз впливу показників процесу випуску відпрацьованих газів на параметри роботи двигуна. Запропоновано спосіб зміни параметрів роботи двигуна зміною тиску у випускній системі. Представлено результати експериментальних досліджень впливу тиску у випускній системі двигуна на показники його роботи.

Ключові слова: *двигун внутрішнього згоряння, процес випуску, випускна система, тиск наприкінці процесу випуску, коефіцієнт залишкових газів, коефіцієнт наповнення.*

Е.Г.Опанасюк, Д.Б.Бегерский, А.Е.Опанасюк

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ В ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЕ

В статье проведено анализ влияния показателей процесса выпуска отработавших газов на параметры работы двигателя. Предложено способ изменения показателей работы двигателя изменением давления в выпускной системе. Представлено результаты экспериментальных исследований влияния давления в выпускной системе двигателя на показатели его работы.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего згорания, процесс выпуска, выпускная система, давление в конце процесса выпуска, коэффициент остаточных газов, коэффициент наполнения.*

E.Opanasyuk, D.Begersky, O.Opanasyuk

AN INCREASE OF EFFICIENCY OF THRUSTER-ON THE CHANGE OF PRESSURE IS IN THE FINAL SYSTEM

In the article the analysis influence's of indexes process of issue workings gases is conducted on the parameters of thruster-on. The method of povyscheniya efficiency of thruster-on the change of pressure is offered in the final system. The results of experimental researches of influence pressure in the final system of engine are presented on the indexes of his work.

Keywords: *internal combustion engine, process of issue, final system, pressure at the end of process of issue, coefficient of remaining gases, coefficient of filling.*

Постановка проблеми. Як відомо за рахунок втрат у випускній системі двигуна втрачається до 12% потужності [1, 2]. Таким чином при зміні параметрів процесу випуску можна значно покращити ефективність роботи двигуна. На даний час дана задача вирішується зміною конструкції випускної системи (встановлення прямоточних глушників) та зміною характеристик процесів газообміну [2]. В першому випадку змінюється опір випускної системи, а отже і тиск наприкінці процесу випуску. Проте це призводить до збільшення шумності роботи двигуна, а отже зміна опору випускної системи можлива лише в певному, вузькому діапазоні, що обумовлено необхідністю забезпечення нормативних значень шумності.

Характеристики процесів газообміну змінюють використанням систем наддуву. Проте використання наддуву також не вирішує проблеми зменшення втрат потужності у випускній системі двигуна. Система наддуву дозволяє підвищити ефективність роботи двигуна за рахунок зміни параметрів процесу впуску. Проте така система не зменшує опір випускної системи, а отже вона не зменшує і втрати у випускній системі.

З наведених даних можна зробити висновок про те, що проблема зменшення тиску у випускній системі з метою підвищення ефективності роботи двигуна, є актуальною.

Вплив тиску залишкових газів на коефіцієнт залишкових газів.

Величина коефіцієнту залишкових газів γ_r характеризує якість очистки циліндра від продуктів згоряння. Зі збільшенням кількості залишкових газів зменшується кількість свіжого заряду, що надходить в циліндр двигуна в процесі впуску.

У чотиритактних двигунах величина γ_r залежить від міри стиску, параметрів робочого тіла вкінці впуску, частоти обертання та інших факторів.

Коефіцієнт залишкових газів γ_r визначається за формулою [3]:

©Є.Г.Опанасюк, Д.Б.Бегерський, О.Є.Опанасюк

$$\gamma_r = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r},$$

де: ΔT - температура підігріву свіжого заряду; ε - міра стиску; P_r - тиск наприкінці випуску; P_a - тиск наприкінці впуску.

В циліндрі двигуна перед початком процесу наповнення завжди знаходиться деяка кількість залишкових газів, що знаходиться в об'ємі V_C камери згоряння. Величина тиску залишкових газів встановлюється в залежності від числа і розташування клапанів, опорів впускного і випускного трактів, фаз газорозподілу, характеру наддуву, швидкохідності двигуна, навантаження, системи охолодження та інших факторів.

Проаналізувавши залежність коефіцієнту залишкових газів від тиску залишкових газів (рис. 1) можна зробити висновок, що збільшення тиску залишкових газів призводить до збільшення коефіцієнту залишкових газів.

Вплив тиску в кінці процесу випуску на коефіцієнт наповнювання.

Найбільш важливою величиною, що характеризує процес впуску, є коефіцієнт наповнення, що представляє собою відношення дійсної кількості свіжого заряду, що поступила до циліндра, до тієї кількості, що могла б вміститися у робочому об'ємі циліндра за умови, що температура і тиск в ньому рівні температурі і тиску середовища, з якого поступає свіжий заряд. Величина коефіцієнта наповнення в основному залежить від тактності двигуна, його швидкохідності і досконалості системи газорозподілу.

Коефіцієнт наповнення визначається за формулою [3]:

$$\eta_v = \frac{T_k}{T_k + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{P_k} \cdot (\varepsilon P_a - P_r);$$

Залежність коефіцієнта наповнення від тиску наприкінці процесу випуску показано на рис. 2.

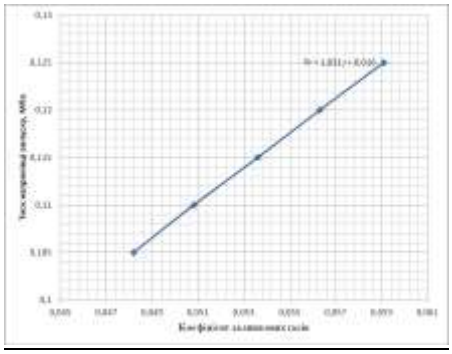


Рис. 1. **Залежність коефіцієнту залишкових газів від тиску наприкінці випуску**

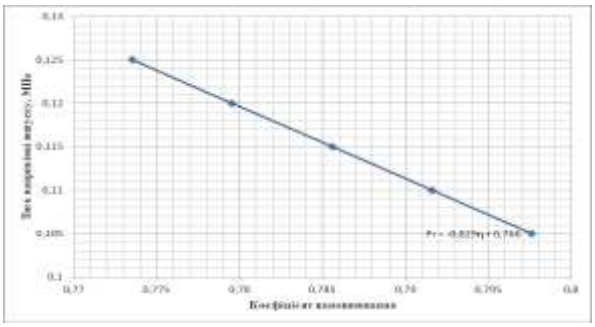


Рис. 2. **Залежність коефіцієнту наповнювання від тиску наприкінці випуску**

Експериментальні дослідження впливу тиску у випускній системі двигуна на показники його роботи

Нами були проведені дослідження впливу тиску в системі випуску відпрацьованих газів на частоту обертання колінчастого вала бензинового двигуна на холостому ході, середніх (30-40% від n_N) та високих обертах (60-70% від n_N). Зовнішній вигляд експериментальної установки показано на рис. 3.



Рис. 3. **Зовнішній вигляд**

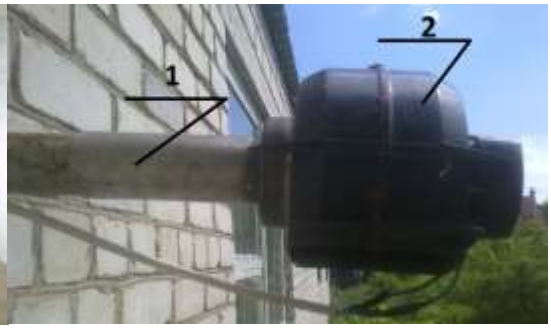


Рис. 4. **Вентилятор системи опалення**

©Є.Г.Опанасюк, Д.Б.Бегерський, О.Є.Опанасюк

експериментальної установки.

автомобіля ВАЗ – 2199, під'єднаний до випускної системи досліджуваного двигуна

Для досліджень було використано чотирьохтактний, чотирьохциліндровий, рядний двигун М – 10 автомобіля BMW 316, характеристики якого наведено в табл. 1

Таблиця 1.

Технічна характеристика двигуна автомобіля « BMW 316»

Характеристики	**Числові значення**
Міра стиску	9,5
Номінальна потужність кВт (к.с) при частоті обертання колінчастого валу 5800 об/хв	66 (90)
Максимальний крутний момент Н·м при частоті обертання колінчастого валу 4000 об/хв	125

Для зміни тиску у випускній системі двигуна було використано вентилятор системи опалення автомобіля ВАЗ – 2199, який було під'єднано до випускної системи (рис. 4). Тиск було виміряно в трьох точках системи випуску відпрацьованих газів двигуна: 1) після випускного колектора; 2) після резонатора; 3) після глушника. Виміри проводилися на різних частотах обертання колінчастого вала двигуна.

Виміри було проведено за допомогою приладу (рис. 5.), що складається з двох скляних трубок та вимірювальної шкали. Скляні трубки заповнюються водою і одна з них з'єднується з вимірюваною точкою за допомогою гнучкого шланга. Різниця між висотами водяних стовпів в кожній зі скляних трубок і буде показувати величину тиску в мм водяного стовпа, що неважко перевести в будь – яку іншу одиницю тиску.

Для вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна було використано датчик Холла SS413A фірми – виробника Honeywell (рис. 6).



Рис. 5. **Пристрій для вимірювання тиску у випускній системі двигуна.**



Рис. 6. **Пристрій для вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна.**

Для обробки та збереження інформації від датчика частоти обертання колінчастого вала двигуна було розроблено спеціалізований модуль на базі мікроконтролера ATmega16 фірми Atmel (рис. 7).



Рис. 7. **Модуль програмно-апаратного комплекса для дослідження характеристик двигуна внутрішнього згоряння на основі МК ATmega16**

Результати вимірювань тиску у випускній системі двигуна занесені до табл. 2.

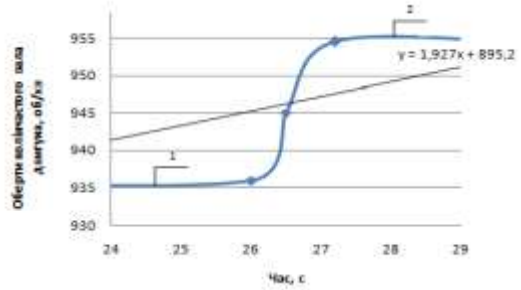
Таблиця 2.

Значення тиску кінця випуску

№ п/п. Точки , що досліджується	Застосування вентилятора	Тиск при холостому ході, мм.вод.ст.	Тиск при середніх обертах, мм.вод.ст.	Тиск при високих обертах, мм.вод.ст.
1	-	65	110	210
	+	55(р)	5	130
2	-	20	50	190
	+	65(р)	65(р)	110
3	-	2	1	2
	+	2(р)	1(р)	2(р)

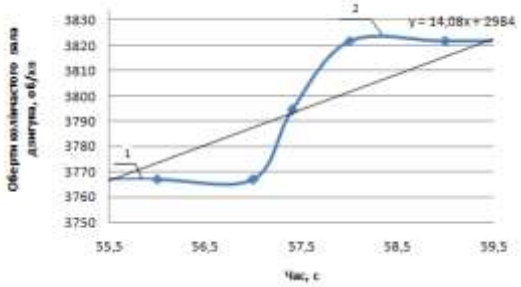
*(р) – означає, що виникло розрідження

На рис. 8, 9 представлені результати проведених досліджень з впливу тиску у системі відпрацьованих газів бензинового двигуна внутрішнього згоряння на частоту обертання колінчастого вала.



1: P = 636,4 Па
2: P = 532,46 Па (створилося розрідження)

Рис. 8. **Залежність зміни частоти обертання колінчастого вала двигуна від зміни тиску на холостому ході**



1: P = 2036,4 Па
2: P = 1272,7 Па

Рис. 9**. Залежності зміни частоти обертання колінчастого вала двигуна від зміни тиску на високих обертах**.

З отриманих результатів видно, що зменшення тиску у системі випуску відпрацьованих газів бензинового двигуна внутрішнього згоряння сприяє підвищенню частоти обертання колінчастого вала двигуна.Так як зв'зок величини тиску кінця випуску з величиною коефіцієнту наповнювання та величиною коефіцієнту залишкових обернено пропорційний, то можна стверджувати, що зниження величини тиску кінця випуску сприяє збільшенню величини індикаторної потужності двигуна.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналітичне дослідження впливу параметрів газообміну на потужнісні характеристики двигуна внутрішнього згоряння: при підвищенні міри стиску з 6 до 10,5 коефіцієнт наповнювання зростає на 3,5-4 % а коефіцієнт залишкових газів знижується на 40-50 %; зниження тиску наприкінці випуску P_r з 0,125 МПа до 0,105 МПа призводить до зниження коефіцієнта залишкових газів на 15-18 % і зростання коефіцієнта наповнювання на 3-3,4 %.
2. Створено експериментальну установку для вивчення впливу параметрів процесу випуску на показники роботи двигуна.
3. Проведено експериментальне дослідження впливу параметрів процесу випуску на показники роботи двигуна.
4. Проведено обробку та аналіз експериментального дослідження, в ході якого підтверджено, що зниження величини тиску кінця випуску сприяє збільшенню величини ефективної потужності двигуна.

1. А. И. Колчин. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. В. П. Демидов: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. Школа, 1980. – 400с., ил.
2. А.С. Орлин. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. М.Г. Круглов / Под ред.. М.:Машиностроение, 1983.
3. Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. Автомобільні двигуни: Підручник. – 3-тє видання. – К.: Арістей, 2001. – 476с.

Стаття надійшла до редакції 02.05.2014.

©Є.Г.Опанасюк, Д.Б.Бегерський, О.Є.Опанасюк

УДК 65.0.12.122

І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ НА МІСЬКИХ РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ

У результаті дослідження інтенсивності руху на регульованих перехрестях у місті Луцьку виявлено значне їх перевантаження. Розраховано режим роботи світлофорів взаємно-залежного вузла з часово-залежним регулюванням. Розглянуто оптимальні організаційні заходи для зменшення коефіцієнта завантаження регульованих перехресть.

Ключові слова: *транспортний потік, регульоване перехрестя, часовий інтервал, такт світлофора*.
Рис 11. Табл 2. Форм 4. Літ 6.

И.А.Павлова, В.В.Грабовец, А.Н.Решетило, М.Н.Курин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА НА ГОРОДСКИХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

В результате исследования интенсивности движения на регулируемых перекрестках в городе Луцке обнаружено значительные их перегрузки. Рассчитано режим работы светофоров взаимно-зависимого узла с временно-зависимым регулированием. Рассмотрены оптимальные организационные меры для уменьшения коэффициента загрузки регулируемых перекрестков.

Ключевые слова: *транспортный поток, регулируемый перекресток, временный интервал, такт светлофора.*

I. Pavlova, V. Grabovets, O.Reshetulo, M.Kyrun

STUDY OF TRANSPORT PROCESS AT URBAN CONTROLLED INTERSECTIONS

A study of traffic controlled intersections in Lutsk revealed a significant overload. Were monitored traffics at several intersections in Lutsk. Established parameters of traffic flow and determined that the greatest impact on it is made by following factors: intensity, density and speed.

In the central parts of big cities characterized by the following problem in traffic management: a large congestion of the road network, availability of transit transportation through the city center, the difficulty of movement through unreasonable parking on the road network, poor discipline of road users and inadequate supervision.

The intensity of traffic was defined as cartograms, also traffic distribution during a day and night time on Prospekt Voli in Lutsk was defined. Integrated intensity values are presented and the corresponding load factors of one of the studied crossroad are shown.

We constructed a general view of the process model of traffic and vehicle travel time along the Prospekt Voli, presented chart depending on the time of travel of the car from the average vehicle speed and time of traffic light switching.

The mode of traffic lights work was calculated of mutually-dependent part of the road and time-dependent regulation, the most appropriate organizational measures are studied to reduce the load factor controlled intersections, the introduction of traffic light regulation of the investigated road network, which will allow reduction of the load factor and help to reduce the congestion.

Keywords: *traffic flow, controlled intersections , the time interval , cycle of traffic lights.*

Актуальність дослідження. Швидкий процес автомобілізації з кожним роком охоплює все більшу кількість країн, постійно збільшується автомобільний парк, кількість людей, причетних до дорожнього руху. Зростання автомобілів і об'єму перевезень призводить до збільшення інтенсивності руху, що в умовах міст з історичною забудовою сприяє виникненню транспортних проблем. Особливо гостро вони проявляються на вузлових пунктах вулично-дорожньої мережі (ВДМ) - перехрестях. У цих місцях збільшуються транспортні затримки, виникають черги та затори, а це викликає зниження швидкості сполучення, невиправдані перевитрати палива, підвищення зношуваності вузлів і агрегатів автомобілів.

Одночасно зростає кількість дорожньо-транспортних випадків. При цьому на перехрестях, які займають незначну частину території міста, концентрується більше 30% випадків ДТВ. Часті зупинки та накопичення автомобілів та перехрестях є причинами підвищеного забруднення повітря. Нажаль, більшість перехресть ніби спеціально спроектовані

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

для створення „заторів”, без натяку на розширення, з малими радіусами повороту, інколи з перешкодами на тротуарах, у самого краю дороги.

Ріст числа транспортних засобів у місті Луцьку, як і в інших містах, став причиною інтенсивного росту завантаження ряду перехресть центру міста і, як наслідок, створення заторів.

Тому розробка ефективних методів організації руху, які б дозволяли регулювати показники транспортного потоку, є першочерговим завданням у вирішенні транспортної проблеми. Забезпечення швидкого і безпечного руху в місті вимагає використання комплексу заходів.

Мета роботи. Аналіз стану ряду напружених перехресть міста та пошук методів, організаційних заходів, здатних зменшити навантаження критичних вузлів дорожньої мережі для запобігання створення "пробок"; розробка рекомендацій щодо організаційних заходів, здатних зменшити навантаження критичних точок дорожньої мережі для запобігання створення заторів.

Аналіз об’єкту дослідження. Перехрестя - місце перехрещення, прилягання або розгалуження доріг на одному рівні, межею якого є уявні лінії між початком заокруглень країв проїзної частини кожної з доріг. У містобудівній практиці досить широко використовуються саморегульовані та регульовані перехрестя. На саморегульованому перехресті рух транспорту здійснюється навколо центрального острівця в одному напрямку, проти годинникової стрілки.

До регульованих відносять такі перехрестя (і перетини), де передбачено світлофорне регулювання, що розділяє в часі рух транспортних засобів і пішоходів по конфліктуючих напрямах.

Режим руху потоку автомобілів при наявності на його шляху світлофорів залежить від тривалості сигналів, що дозволяють або забороняють рух. Відомо, що пропускна здатність смуги залежить від щільності і швидкості потоку. На регульованому пересіченні світлофор розділяє потік на окремі частини ("пачки"), які в результаті введення заборонного сигналу в русі максимально ущільнюються. Час, що затрачається на ущільнення потоку, використовується для пропуску автомобілів на прилеглій вулиці або пішоходів.

Основними показниками регульованого перехрестя є:

– прогнозована інтенсивність руху транспортних потоків;

– ширина проїжджої частини;

– кількість смуг на підходах до перехрестя;

– радіус правоповоротного з’їзду;

- відстань між сусідніми перехрестями, що регулюються.

Було проведено моніторинг транспортних потоків за рядом перехресть міста Луцька, найбільш критичних з позиції перевантаження. Моніторинг проводився в середині робочого тижня в жовтні 2013 року протягом денного часу (з 7.00 до 19.00). Досліджувались транспортні потоки на перехрестях проспекту Волі з вулицями Парковою, Шопена та Київським майданом (виїзд із Облдержадміністрації) (рис. 1). На розглядуваній ділянці здійснюється рух масового пасажирського транспорту, а також легкових та вантажних автомобілів.

Дослідження саме цих перехресть обумовлено тим, що вони утворюють певний взаємно-залежний вузол, на якому створюються довгі черги. Через ці перехрестя проходять значні транзитні транспортні потоки. На кожному з перехресть існує своя схема дозволених напрямів руху, по кожному з яких вівся окремий облік транспортних засобів, що пройшли перехрестя. Нерівномірність транспортних потоків протягом доби і навіть години створює значну проблему в організації руху.

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

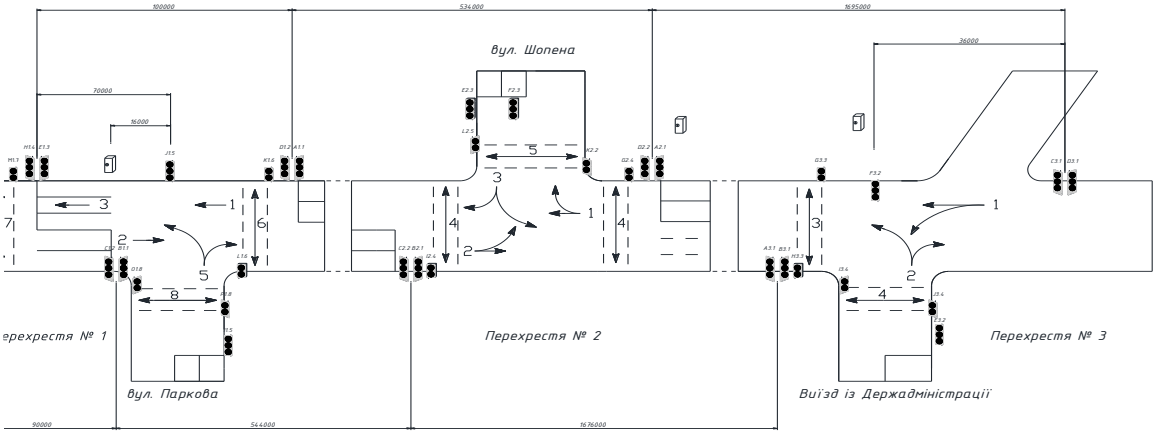


Рис.1. **Схема досліджуваних транспортних вузлів.**

Транспортний потік характеризується наступними параметрами.

1.Інтенсивність транспортного потоку (інтенсивність руху) – кількість транспортних засобів, що проїжджають через переріз дороги за одиницю часу. В якості розрахункового періоду часу для визначення інтенсивності руху приймається рік, місяць, доба, година та більш короткі проміжки часу в залежності від поставленого завдання спостереження та засобів вимірювання.

На вулично-дорожній мережі міст можна виділити окремі ділянки, де рух транспортних засобів досягає максимальних розмірів, в той час коли на інших ділянках він в декілька разів менший. Нерівномірність транспортних потоків на протязі року, місяця, доби і навіть години має важливе значення в питанні організації дорожнього руху.

2.Коефіцієнт добової нерівномірності розраховується за формулою:

$$K_{НД} = 24N_{АГ} / N_{АД}, \qquad (1)$$

де 24– число годин в добі;

$N_{АГ}$ – інтенсивність руху за порівнювану годину, авт./год.;

$N_{АД}$ – сумарна інтенсивність руху за добу, авт./доб.

У багатьох випадках, особливо при вирішенні питань регулювання руху у міських умовах, має значення не тільки сумарна інтенсивність руху потоку по даному напрямку, але також інтенсивність, що приходиться на одну смугу, або так названа ***питома інтенсивність руху M_a***. Якщо відоме конкретне розподілення інтенсивності руху по смугам та воно істотно нерівномірне, то в якості розрахункової інтенсивності M_a можна використати інтенсивність руху по найбільш завантаженій смузі руху.

3.Часовий інтервал t_i між слідкуючими один за одним автомобілями є показником, протилежним інтенсивності руху. Математичне очікування $E(t_i)$ визначається залежністю:

$$E(t_i) = 3600 / M_a, \qquad (2)$$

Якщо інтервал t_i між слідкуючими один за одним по смузі автомобілями більш ніж 10 секунд, то їх взаємна дія є відносно слабкою та умови руху характеризуються як “вільні”.

4..Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням в ньому транспортних засобів різного типу. Цей показник чинить значний вплив на параметри

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

дорожнього руху, а також на завантаження вулично-дорожньої мережі, що пояснюється перед усім значною різницею в габаритних розмірах автомобілів.

5.Щільність транспортного потоку q_a є просторовою характеристикою, що визначає ступінь щільності транспортного потоку на смузі руху. Вона вимірюється числом транспортних засобів, що приходиться на 1 км протяжності дороги. Гранична щільність досягається при нерухомому стані колони автомобілів, що розміщені упритул один до одного на смузі руху.

В залежності від щільності транспортного потоку рух по ступені щільності ділиться на вільний, частково зв'язаний, насичений, колонний.

Чисельні значення q_a в фізичних одиницях, що відповідають цим станам транспортного потоку, дуже істотно залежать від параметрів вулично-дорожньої мережі, коефіцієнта зчеплення, а також стану потоку за типами транспортних засобів, що, в свою чергу, впливає на швидкість, яку обирає водій.

6.Швидкість руху є важливим показником, так як являє собою цільову функцію дорожнього руху. Найбільш об'єктивною характеристикою транспортного засобу на вулично-дорожній мережі може слугувати графік зміни його швидкості на протязі всього маршруту руху. В практиці організації дорожнього руху прийнято оцінювати швидкість руху транспортних засобів миттєвими її значеннями, зафіксованими в окремих типових перетинах дороги.

7.Затримки руху є показником, на який необхідно звернути особливу увагу при оцінці стану дорожнього руху. До затримок слід віднести втрати часу не лише на всі змушені зупинки транспортних засобів перед перехрестями, залізничними переїздами, при заторах на перегонах, але також через зниження швидкості транспортного потоку у порівнянні з середньою швидкістю вільного руху на даній ділянці вулично-дорожньої мережі.

Загальні втрати часу для транспортного потоку розраховуються за залежністю:

$$\Delta T = N_A \Delta t T, \tag{3}$$

де N_A – інтенсивність руху транспортного потоку;

Δt - середня сумарна затримка одного автомобіля, с;

T – тривалість спостереження, год.

Усі вищеназвані параметри транспортних потоків визначаються великою кількістю чинників. Це особливо актуально для великомасштабних транспортних мереж. В таких випадках необхідно проводити системний аналіз параметрів транспортного потоку – *інтенсивності, щільності, швидкості* і т. ін.

Згідно з [1, 3] для великих міст зниження ефективності функціонування транспортних потоків характеризується як негативний вплив факторів, пов'язаних з високими темпами зростання автомобілізації, наслідками яких є дуже висока щільність транспортних потоків, низька середня швидкість руху, часті передзаторні й заторні ситуації.

Відповідно, для центральних частин великих міст характерні наступні проблеми в організації дорожнього руху: значна перевантаженість вулично-дорожньої мережі, наявність транзиту транспорту через центр міста, труднощі руху через необґрунтовані паркування на ВДМ, низька дисципліна учасників дорожнього руху й неадекватний нагляд.

Основними причинами незадовільного функціонування транспортних потоків у містах є [1, 3, 6]:

1. Неоптимальний розподіл транспортних потоків по ВДМ. Основною причиною вибору водіями більш довгого маршруту (причому найчастіше водій спочатку їде взагалі в протилежному напрямку від пункту призначення) є погана організація дорожнього руху та нерозвиненість транспортної мережі. Із цієї причини багато водіїв вибирають довший маршрут.

2. Недосконалість системи управління дорожнім рухом:

- відсутність пріоритету руху громадського транспорту;

- неоптимальність організації руху на рівні дорожніх знаків (обмеження чи заборона маневрування створюється за суб'єктивним рішенням) і нерозвиненість АСУДР (автоматизована система управління дорожнім рухом).

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

3. Паркування на проїзній частині, на тротуарах, яке заважає рухові транспортного потоку.

4. Збільшення попиту на пересування над його задоволенням. У багатьох містах України склалась ситуація така, що попит на пересування в межах міста зростає, а фінансове й матеріально-технічне становище транспортної системи погіршується. Одним із способів протистояти цьому є поліпшення організації дорожнього руху.

З розглянутих *проблемних питань* функціонування транспортних мереж і факторів, що впливають на їх ефективність, *запропоновано такі рішення*:

- зменшення притягання транспортних потоків шляхом скорочення або заборони будівництва нових об'єктів фінансово-ділової і торгово-обслуговуючої сфери;
- введення обмежень на в'їзд у центральну частину міста;
- вивід із центральної частини міста ряду установ і організацій;
- створення перешкод для використання центру міста транзитними транспортними потоками;
- введення світлофорного режиму стримування транспортного потоку.

Для забезпечення умов організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст необхідно мати дані стосовно кількісних і якісних показників дійсного стану перехресть, що характеризують транспортний потік.

Для цього використовують *натурні спостереження*, які полягають у фіксації конкретних умов і показників дорожнього руху, фактично того, що відбувається протягом заданого періоду часу. Натурні дослідження є єдиним способом отримання достовірної інформації про стан доріг і дозволяють дати точну характеристику існуючих транспортних і пішохідних потоків.

Результати вивчення інтенсивності руху, зазвичай, оформляють у вигляді картограм. На рис.2 показано картограму інтенсивності транспортних потоків на розглядуваній ділянці.

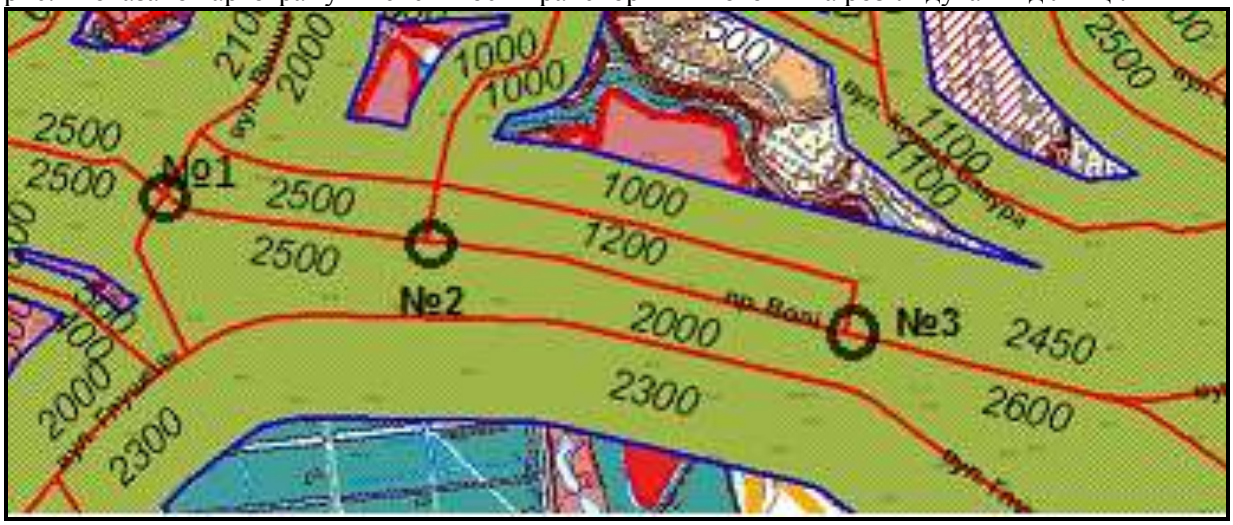


Рис.2. **Картограма інтенсивностей транспортних потоків за напрямками руху (колами обведені перехрестя, що досліджуються)**

№1 –пр.Волі – вул. Винниченка;
№2 –пр. Волі - вул.Шопена;
№3 – пр.Волі – виїзд від Облдержадміністарції.

Нерівномірність транспортних потоків протягом доби і навіть години створює значну проблему в організації руху. Типові криві розподілу інтенсивності протягом доби на досліджуваній ВДМ показані на рис. 3. Криві дозволяють виділити так звані години «пік», або періоди, в які виникають найбільш складні задачі організації і регулювання руху.

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

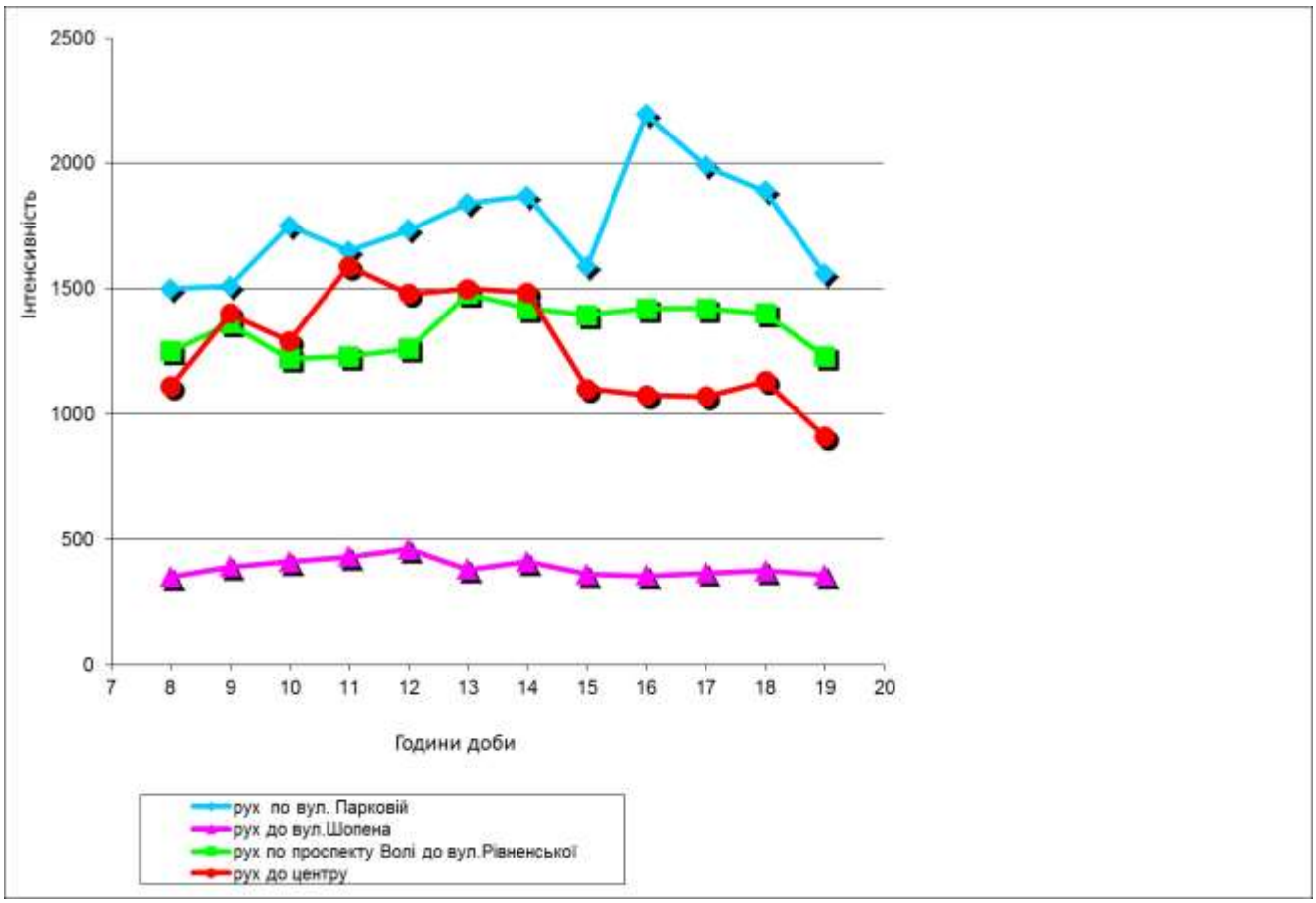


Рис.3 **Розподіл інтенсивності руху протягом доби на проспекті Волі**

Як видно з діаграм, інтенсивність руху на перехресті проспект Волі – вул. Паркова коливається від помірних 300 до напружених 1800 автомобілів на годину. На сусідніх перехрестях інтенсивність дещо нижча (500-700 одиниць).

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням в ньому транспортних засобів різного роду. Склад транспортного потоку здійснює значний вплив на всі параметри, що характеризують дорожній рух. Склад транспортного потоку впливає на завантаження доріг, що пояснюється перш за все істотною різницею в габаритних розмірах автомобілів.

Для того щоб врахувати у фактичному складі транспортного потоку вплив різних типів транспортних засобів, застосовують коефіцієнти зведення $K_{пр}$ до умовного легкового автомобіля, обумовлені при порівнянні їхніх динамічних габаритів. Значення $K_{зв}$ приведені в [6].

У такий спосіб можна одержати показник інтенсивності руху в умовних зведених одиницях.

$$N_{зв.а} = N_{л} + N_{аб} * K_{зв.аб} + N_{тр} * K_{зв.тр} + N_{ва} * K_{зв.ва} \quad (4)$$

де $N_{л}$, $N_{аб}$, $N_{тр}$, $N_{ва}$ - відповідно інтенсивність (обсяг) руху легкових, автобусів, тролейбусів та вантажних автомобілів у фізичних одиницях; $K_{зв.аб}$, $K_{зв.\ тр}$, $K_{зв.\ ва}$ - відповідно коефіцієнти зведення для автобусів, тролейбусів та вантажних автомобілів.

Показник інтенсивності для проспекту Волі буде складати:

$$N_{зв.а} = 1625 + 525*2{,}5 + 175*3 + 125*2 = 3712 \text{ авт./год.}$$

Отримані дані щодо складу транспортних потоків показали на переважаючу частину легкових автомобілів (на пр. Волі їх кількість складає 65%), проте також наявна значна частина автобусів, які вагомо впливають на довжину черг на перехрестях (рис. 4). Був проведений

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

перерахунок умовної інтенсивності з урахуванням довжини транспортних засобів за коефіцієнтом приведення.

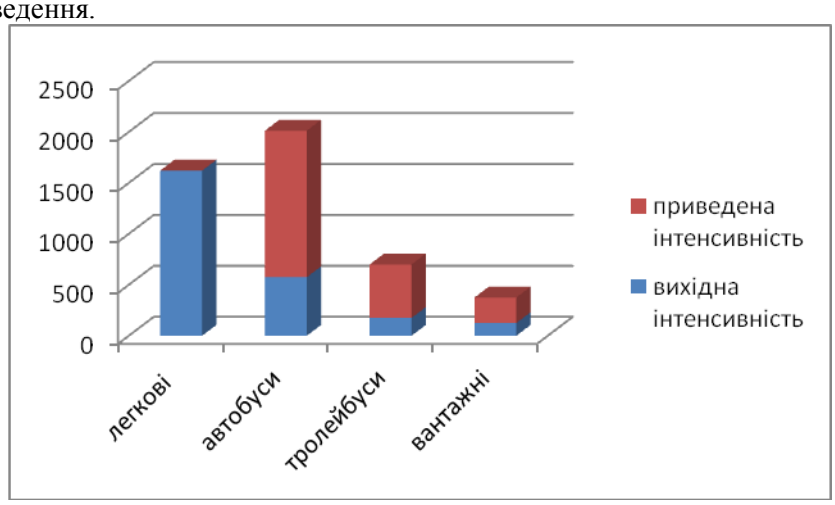


Рис. 4. **Розподіл інтенсивності руху протягом доби на проспекті Волі за видами транспорту**

Наявність у транспортному потоці значної долі автобусів і тролейбусів, що мають довжину у 2-5 рази більше легкових автомобілів, у 2-3 рази збільшують умовну інтенсивність, зменшуючи кількість транспортних засобів, що можуть пройти через перехрестя за фіксований час зеленого світла світлофору.

Відомо, що для регульованих перехресть нормальними вважаються коефіцієнти завантаження 0,8-0,9. На рис.5 відображені інтегральні значення приведеної інтенсивності за напрямами і відповідні їм коефіцієнти завантаження одного з досліджуваних перехресть

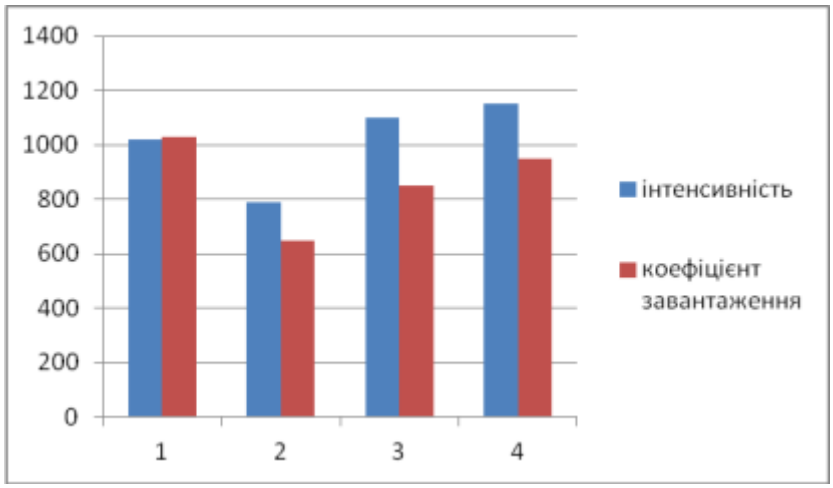


Рис. 5. **Коефіцієнти завантаження напрямів проспект Волі – вул. Винниченка.**

За даними рис.5 видно значне перевищення коефіцієнтів завантаження, тому подальша мета проведених досліджень полягає у пошуку засобів зменшення навантаження транспортних вузлів.

Швидкість руху є найважливішим показником дорожнього руху, тому що характеризує його цільову функцію. Найбільш об'єктивною характеристикою швидкості транспортного засобу на дорозі може служити крива, що характеризує її зміну протягом усього маршруту руху.

Однак одержання таких просторових характеристик для безлічі автомобілів, що рухаються, є складним. У практиці організації руху прийнято характеризувати швидкість руху транспортних засобів миттєвими її значеннями v_a, зафіксованими в окремих типових точках дороги. Вимірником швидкості доставки вантажів і пасажирів є швидкість сполучення v_a, що

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

визначається як відношення відстані між точками сполучення до часу перебування транспортного засобу в дорозі. Величиною, зворотною швидкості сполучення, є *темп руху*, що вимірюється *часом*, затраченим на подолання одиниці довжини шляху (хв/км). Цей вимірник дуже зручний для розрахунків часу доставки пасажирів і вантажів на різні відстані.

Миттєва швидкість транспортного засобу і відповідно швидкість сполучення залежать від багатьох факторів і піддаються значним коливанням.

Для дослідження темпу руху автотранспорту по проспекту Волі м. Луцька в середовищі *Delphi* була розроблена комп'ютерна модель, яка дозволяє визначити час проїзду автомобіля проспекту Волі в залежності від середньої швидкості руху автомобіля та часу перемикання кольору світлофора. Загальний вигляд моделі наведено на рис. 6.

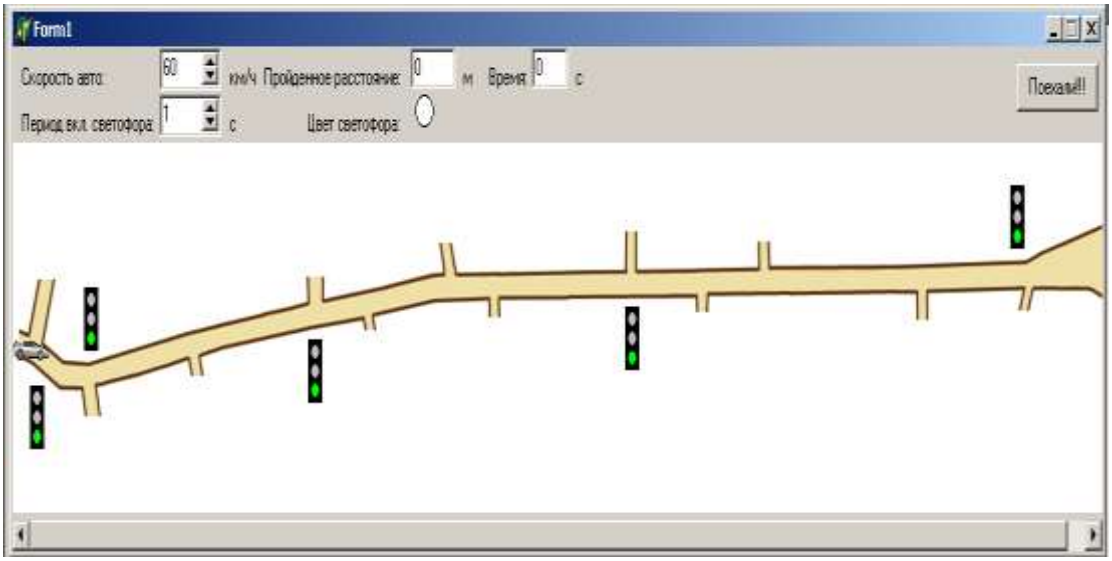


Рис. 6. **Загальний вигляд моделі технологічного процесу руху автотранспорту по проспекту Волі**

Таблиця 1

Час проїзду автомобіля (с) по пр. Волі.

		Середня швидкість руху автомобіля, км/год.						
		20	30	40	50	60	70	80
Час перемикання кольорів світлофора, с	1	434	270	200	168	136	140	98
	2	434	270	195	170	135	114	99
	3	434	274	195	166	136	116	104
	4	429	268	196	171	140	116	98
	5	435	264	204	174	143	114	102
	6	434	271	207	172	136	116	98
	7	425	274	201	162	143	114	100
	8	421	279	211	167	132	114	103
	9	437	292	201	172	147	118	96
	10	427	284	203	164	143	124	102

На основі п'ятдесяти досліджень (таблиця 1) було побудовано графічну залежність часу проїзду автомобіля від середньої швидкості автомобіля та часу перемикання кольору світлофора, що наведена на рис. 7.

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

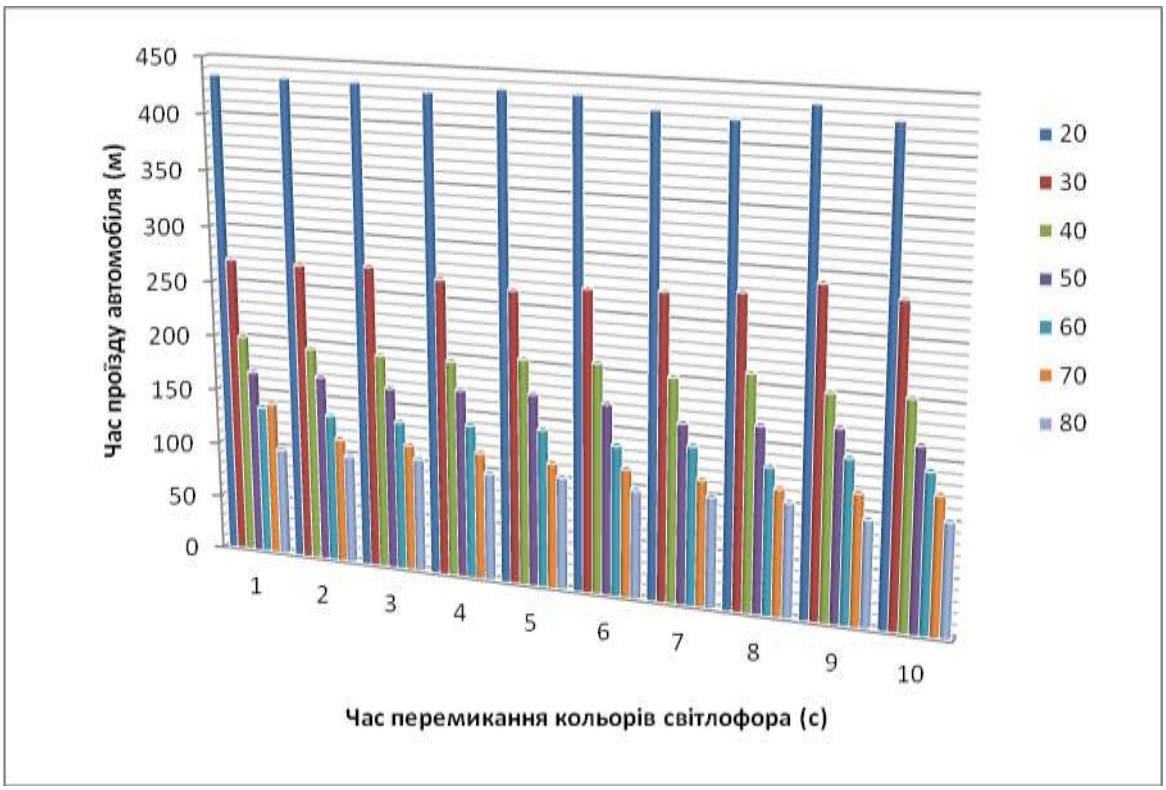


Рис. 7. **Діаграма залежності часу проїзду автомобіля від середньої швидкості автомобіля та часу перемикання кольору світлофора**

Аналіз графічної залежності показує, що найбільш оптимальним є рух автомобіля з середньою швидкістю 50 км/год. при часі перемикання кольорів світлофора 4 с.

Такі значення швидкісного режиму будуть доступні для транспортного потоку тільки у випадку, якщо коефіцієнт завантаження складає 0,8-0,9. Проте, фактично спостерігається значне перевищення коефіцієнтів завантаження (рис.5), тому подальша мета проведених досліджень полягає у пошуку засобів зменшення навантаження транспортного вузла.

Найбільш простим і дешевим способом зниження коефіцієнта завантаження є корегування світлофорного циклу.

Визначення тривалості циклу і основних тактів регулювання ґрунтується на інтенсивності транспортних потоків на підходах до перехрестя і пропускної здатності. Тому ці параметри слід розглядати в якості основних вихідних даних розрахунку. Ці параметри розглядають для кожного напрямку руху даної фази.

Кількість фаз регулювання визначає кількість основних і проміжних тактів. *Основний такт* є частиною циклу регулювання, пропорційно фазовому коефіцієнту розрахункове значення якого відповідає максимальному визначенню інтенсивності, до потоку насичення для різних підходів до перехрестя в даній фазі. *Проміжний такт* враховуючи його призначення, мало залежить від інтенсивності руху, визначається планувальною характеристикою перехрестя і швидкістю руху транспортних засобів в його зоні.

Дані про проміжні такти (втрачений час) і фазові коефіцієнти лежать в основі *розрахунку тривалості циклу регулювання*. Цей розрахунок може коректуватися *з урахуванням вимог пішохідного руху*. Завершаючим етапом роботи є побудова графіка режиму роботи світлофорної сигналізації, на якому відображається тривалість і порядок чергування сигналів.

Фази регулювання залежать від багатьох факторів: ширини проїзної частини (смуги руху), поздовжнього ухилу на підході до перехрестя, стану дорожнього покриття, складу транспортного потоку, видимості перехрестя водієм, наявність в зоні перехрестя пішоходів і автомобілів, які зупинилися.

Тому для кожної характерної години доби і періоду року, для яких проводиться розрахунок програм регулювання, робочі цикли світлофора повинні визначатися

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

експериментально. Разом з тим методика експериментального вивчення потоку насичення потребує суттєвих затрат часу. Крім цього вона не може застосовуватись для перехресть, де встановлення світлофорного регулювання тільки планується.

На рисунках 8 – 11 наведені діаграми часових програм включення ламп світлофорів, розраховані в середовищі програми *PTV Vision VISSIM*.

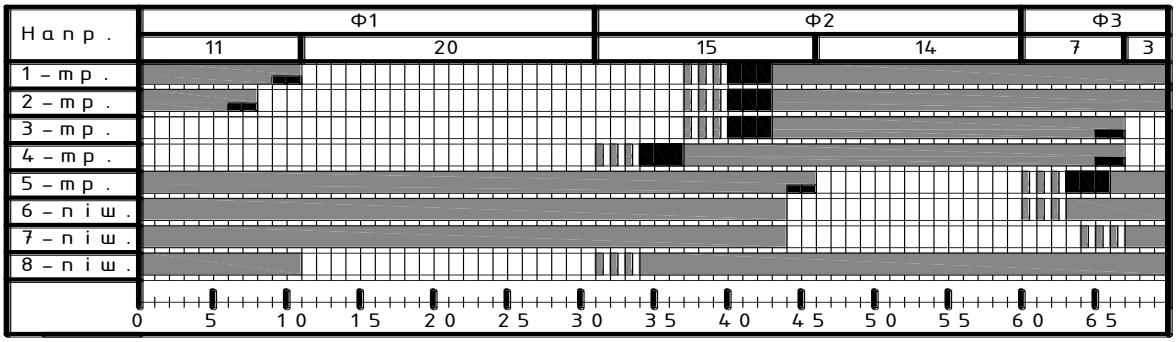


Рис. 8 - **Діаграма роботи світлофора при нормальному навантаженні транспортним потоком (Тц=70 с) перехрестя №1**

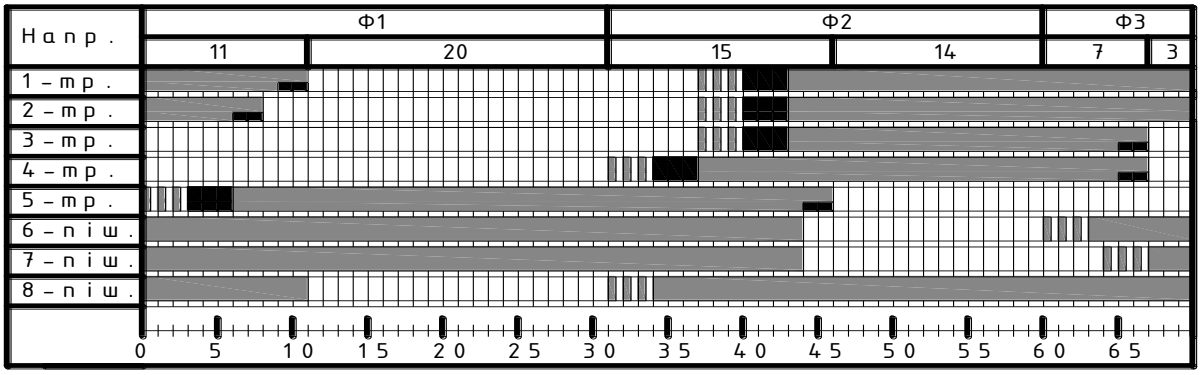


Рис. 9 - **Діаграма роботи світлофора при підвищеному навантаженні транспортним потоком (Тц=70 с) перехрестя №1**

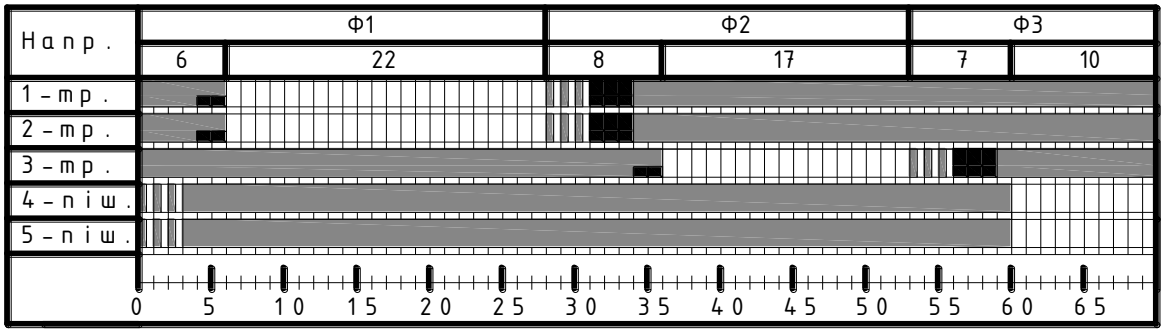


Рис. 10 - **Діаграма роботи світлофора (Тц=70 с) перехрестя №2**

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

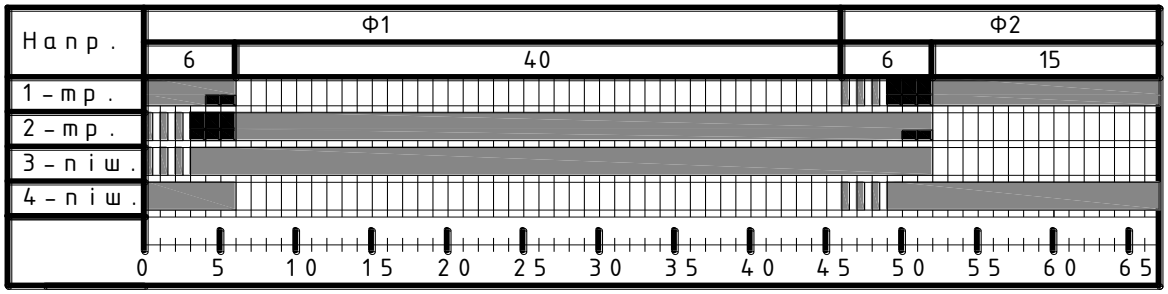
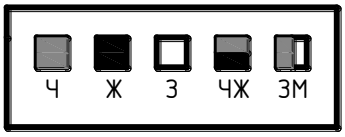


Рис. 11 - **Діаграма роботи світлофора (Тц=70с) перехрестя №3, де**



Ч– включене червоне світло; **З** – включене зелене світло;
Ж – включене жовте світло; **ЧЖ** – включене червоне і жовте світло одночасно;
ЗМ – зелене світло мигає.

При введені в модель отриманих розрахунковим методом значень фаз роботи світлофорів транспортні черги, що утворювалися перед перехрестям, були менші довжини перегону, а тому в цьому випадку, виникнення заторів мінімальне. Саме за таких режимів роботи пропускна здатність смуг максимальна, а транспортні затримки автомобілів мінімальні.

Введення розрахункового світлофорного циклу на досліджуваній ВДМ дало зниження коефіцієнтів завантаження (табл. 3.1), що, хоча й повністю не вирішить проблему заторів, але зменшить транспортні затримки.

Таблиця 2 .

Коефіцієнти завантаження перехресть при проведенні регулювання світлофорного циклу

Коефіцієнт завантаження	Заходи	
	Відсутні	Коригування світлофорного циклу
Пр. Волі – вул. Винниченка	0,98	0,91
Пр. Волі – вул. Шопена	0,92	0,91
Пр. Волі – Облдержадміністрація	0,78	0,76

Висновки

1. Проведений аналіз групи регульованих перехресть м. Луцька, що за своїми характеристиками можуть бути об'єднані в один транспортний вузол. Для розгляду та дослідження вибрано перехрестя проспекту Волі з вулицями Винниченка, Шопена і виїздом від Облдержадміністрації на Київській площі як найбільш завантажені та складні для переїзду у години-пік.

2. Натурні спостереження виявили значне перевантаження двох перехресть (пр. Волі – вул.Винниченка та пр.Волі – вул.Шопена) у час-пік. Інтенсивність більше 1000 автомобілів/год. викликає можливість виникнення заторів.

3. Аналіз залежності часу проїзду автомобіля від середньої швидкості автомобіля та часу перемикання кольору світлофора виявив, що найбільш оптимальним є рух автомобіля з середньою швидкістю 50 км/год. при часі перемикання кольорів світлофора 4 с. Такі значення швидкісного режиму будуть доступні для транспортного потоку тільки у випадку, якщо коефіцієнт завантаження складає 0,8-0,9.

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

3. Розрахунки швидкості, проведені для годин найбільшого навантаження, показали можливість виникнення заторів на перехрестях пр.Волі – вул.Винниченка та пр.Волі – вул.Шопена. Швидкість транспортних засобів менше 5 км/год. створює вірогідність виникнення заторів.

6. Для покращення організації дорожнього руху розглядається варіант коригування світлофорної сигналізації на розглядуваних перехрестях.

7. Виходячи з принципів пофазного розподілу на примиканні вулиць Винниченка та Шопена до проспекту Волі пропонується трифазне регулювання. За таким розподілом фаз тривалість циклу буде рівна 70с.

8. Введення світлофорного регулювання на досліджуваній ВДМ дасть зниження коефіцієнтів завантаження, хоча й повністю не вирішить проблему заторів, проте зменшить транспортні затримки. Очевидно, що проблема зменшення завантаження транспортних вузлів має комплексну природу і потребує системного підходу до її вирішення.

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ. / В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.
2. 2.Васильев А.П.; Фримштейн М.И. Управление движением на автомобильных дорогах. - М.: Транспорт, 1979. - 296с.
3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими /Пер. с англ. - М.: Транспорт, 1972. - 423 с.
4. Кисляков В.М., Филиппов В.В., Школяренко И.А. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов. - М.: Транспорт, - 1979.- 199с.
5. .Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. - М.: Транспорт, 1990. - 255 с.
6. Лобашов О.О.Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоків містах: монографія. / О. О. Лобашов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. - 170 с.

Стаття надійшла до редакції 02.05.2014.

© І.О.Павлова, В.В.Грабовець, О.М.Решетило, М.М.Курин

УДК 624.138

Я.І.Панасюк, В.В.Маліков, Б.А.Боярчук
Луцький національний технічний університет

КОМЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ВИЗНАЧЕННІ ЗМІНИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТІВ УКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТОМ З ДОДАВАННЯМ ПІГМЕНТІВ

Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів укріплених цементом з додаванням пігментів. Оптимізація експерименту з використанням математичного планування.
Рис 4. Форм 3. Табл 8. Літ 8.

Я.И.Панасюк, В.В.Маликов, Б.А.Боярчук

КОМЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ УКРЕПЛЕННЫХ ЦЕМЕНТОМ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПИГМЕНТОВ

Исследование физико-механических свойств грунтов укрепленных цементом с добавлением пигментов. Оптимизация эксперимента с использованием математического планирования.

Ya.Panasuk, V.Malikov, B.Bojarchuk

SOIL REINFORSMENT BY CEMENT WITH ADDED PIGMENTS OF COMPLEX APPROACH IN DETERMINING CHANGES IN PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

The article raises the question of the applicability of soil cement fortified with the addition of color pigment in the quality of road surfaces. Experiments were conducted using complex mathematical design of experiments to identify changes in physical and mechanical properties of the material on the concentration of binder and pigment. The proposed mathematical model is adequate compressive strength of the material and split. We found that increasing the percentage of the binder has a positive effect on the mechanical properties of the material and pigment opposite.

Одним із основних факторів, що впливає на емоційний стан людей, які проживають в містах і селах є кольорове оформлення середовища. Питанням оформлення міського середовища, як місця перебування значної кількості людей з метою отримати естетичне задоволення, довгий час займається міська архітектура і достатньо успішно. Внесення пігментів, використання кольорового заповнювача в складі асфальтобетоних сумішей або застосування різнокольорової бруківки, мозаїчних жорстких бетонних покриттів надає додаткові позитивні враження в сприйнятті міжбудинкового простору сучасної міської забудови та ландшафтно-паркового дизайну.

І хоча питання естетичного оформлення міської забудови, в нашому випадку шляхів сполучення, лежить в площині сприйняття історичної спадщини та психологічного упередження громади, все таки остаточне рішення визначається споживчою вартістю продукту. Тому використання місцевих матеріалів із додаванням пігментів для оформлення житлових зон може стати надзвичайно актуальним для місцевих громад.

З метою апробувати цеменоґрунтові суміші із додаванням кольорового пігменту в якості дорожнього покриття на базі будівельної лабораторії Луцького НТУ було заплановано проведення ряду дослідів, які б змогли відповісти на питання, як впливає кількість пігменту на фізико-механічні властивості матеріалу та знайти оптимальні співвідношення для них.

Для приготування сумішей на основі ґрунту в якості в'яжучого використовувався портландцемент марки М 500, який відповідав вимогам [1], в якості добавки використовувся пігмент фірми CATAY (виробник Китай) червоного кольору, основна хімічна складова якого – оксид заліза Fe_2O_3, насипна щільність – 0,8-1,2 г/мл і питома вага – 4,9 г/см^3 відповідав вимогам [2]. Вода для приготування сумішей відповідала вимогам [3].

В якості ґрунту використовувався пісок мілкий [4], властивості якого наведені в таблиці 1.

©Я.І.Панасюк, В.В.Маліков, Б.А.Боярчук

Таблиця1

Властивості прийнятого для досліджень ґрунту

		Гранулометричний склад, %
Розмір зерен, мм	2-1 1-0,5 0,5-0,25 0,25-0,071 <0,071	0,4 1,6 32,8 60,2 5
Границя текучості, %		7,5
Оптимальна вологість при максимальній щільності, %		7
Максимальна щільність при оптимальній вологості, г/см^3		2,148

Концентрація цементу у складі досліджуваних сумішей становила 6 %, 10%, 14%, 17 % та 20 % від маси сухого ґрунту.

Для визначення кількості води проводилось дослідження визначення оптимальної вологості при максимальній щільності [5]. Дослідженнями встановлено наступні оптимальні показники для досліджуваних укріплених ґрунтів представлені в табл.2.

Таблиця 2

Оптимальні параметри щільності при встановленій вологості

№ з.п.	Назва складу	Вологість, %	Щільність, г/см^3
1.	Ґрунт, 6 % цементу	7%	2,152
2.	Ґрунт, 10 % цементу	8%	2,160
3.	Ґрунт, 14 % цементу	8%	2,169
4.	Ґрунт, 17 % цементу	9%	2,177
5.	Ґрунт, 20 % цементу	9%	2,184

Для досліджень властивостей укріпленого ґрунту застосовувались методи, які викладені в нормативних документах [6, 7, 8].

Для визначення фізичних властивостей укріпленого ґрунту були заформовані серії зразків-циліндрів 50х50 мм (по 6 зразків на точку).

Зразки формувалися при навантаженні 150 кгс/см^2. Після витримування виготовлених зразків на протязі 7 та 28 діб в ванні з гідравлічним затвором були проведені досліди із визначення границі міцності при стиску.

Наведені на рис.1 результати визначення границі міцності при стиску показують, що збільшення концентрації цементу від 6 % до 20 % призводить до зростання цього показника як на 7, так і на 28 добу набору міцності. Так при додаванні 6 % цементу на 7 добу границя міцності при стиску становить 0,67 МПа, 10 % цементу 1,23 МПа, 14% – 2,38 МПа, 17% – 3,51МПа, а 20 % – 3,88 МПа. Інтенсивність зростання границі міцності при стиску цементоґрунту на 28 добу при додаванні 10 % цементу збільшилась в 1,68 рази порівняно з цементоґрунтом з додаванням 6 % цементу, при додаванні 14 % цементу в 3,22 рази, при додаванні 17 % цементу в 4,88 рази, а при додаванні 20 % цементу в 5,95 рази.

За величиною границі міцності при стиску на 28 добу цементоґрунт з вмістом 6 % цементу можливо віднести до марки М 10, з 10 % цементу – до М 20, 14 % – до М 40, 17 % – до М 60, 20 % – до М 75.

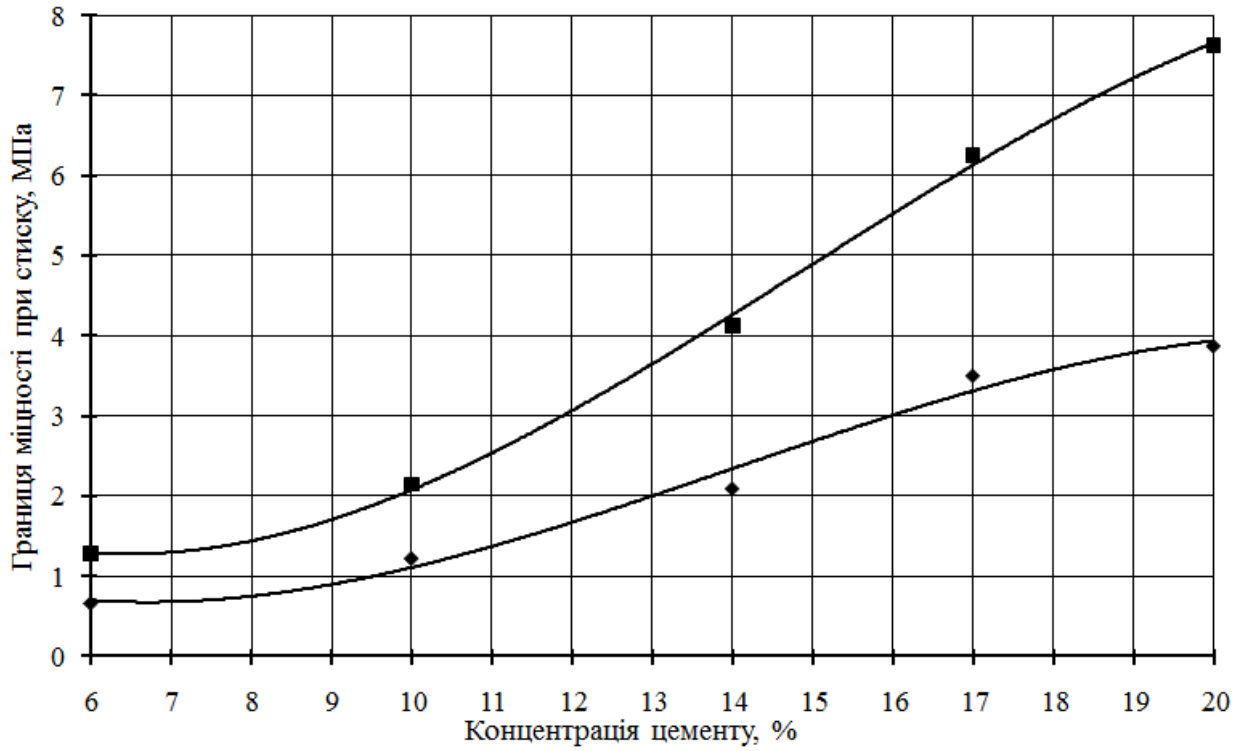


Рис. 1. **Залежність границі міцності при стиску від концентрації цементу в цементоґрунтовій суміші (♦ – 7 доба твердіння, ■ – 28 доба твердіння)**

На основі ґрунту укріпленого 14 % цементу (марка М 40) були заформовані зразки з додаванням пігменту червоного кольору, концентрація якого становила 1 %, 3 %, 5 %, 7 % та 10 % від маси цементу. Це було зроблено для візуального сприйняття цементогрунту з додаванням різної концентрації пігменту червоного кольору.

Для визначення кількості води проводилось дослідження визначення оптимальної вологості при максимальній щільності. Результатами дослідження встановлено наступні оптимальні показники для досліджуваних укріплених ґрунтів цементом з додаванням пігменту червоного кольору представлені в табл.3.

Таблиця 3

Оптимальні параметри щільності при встановленій вологості

№ з.п.	Назва складу	Вологість, %	Щільність, г/см^3
1.	Цементогрунт, 1 % пігменту	8%	2,164
2.	Цементогрунт, 3 % пігменту	9%	2,175
3.	Цементогрунт, 5 % пігменту	9%	2,184
4.	Цементогрунт, 7 % пігменту	10%	2,191
5.	Цементогрунт, 10 % пігменту	10%	2,198

Результати виконаних експериментальних досліджень, свідчать про те, що пігмент червоного кольору практично не впливає на границю міцності при стиску, порівняно з цементогрунтом без пігменту (рис. 2). Так, на 7 добу твердіння міцність при стиску контрольних зразків (цементогрунт без фібри) становить 2,10 МПа, при додаванні 1 % пігменту – 1,87 МПа, 3 % пігменту – 2,07 МПа, 5 % – 2,10 МПа, 7 % – 2,08 МПа, 10 % – 2,06 МПа. На 28 добу твердіння міцність при стиску досліджуваного цементогрунту та цементогрунту з додаванням пігменту збільшилась, відповідно, в 1,96 рази (контрольні зразки), в 2,16 рази при 1 % пігменту, в 1,98 рази при 3 % пігменту, в 1,97 рази при 5 % пігменту, в 1,96 рази при 7 % пігменту та в 1,97 рази при 10 % пігменту.

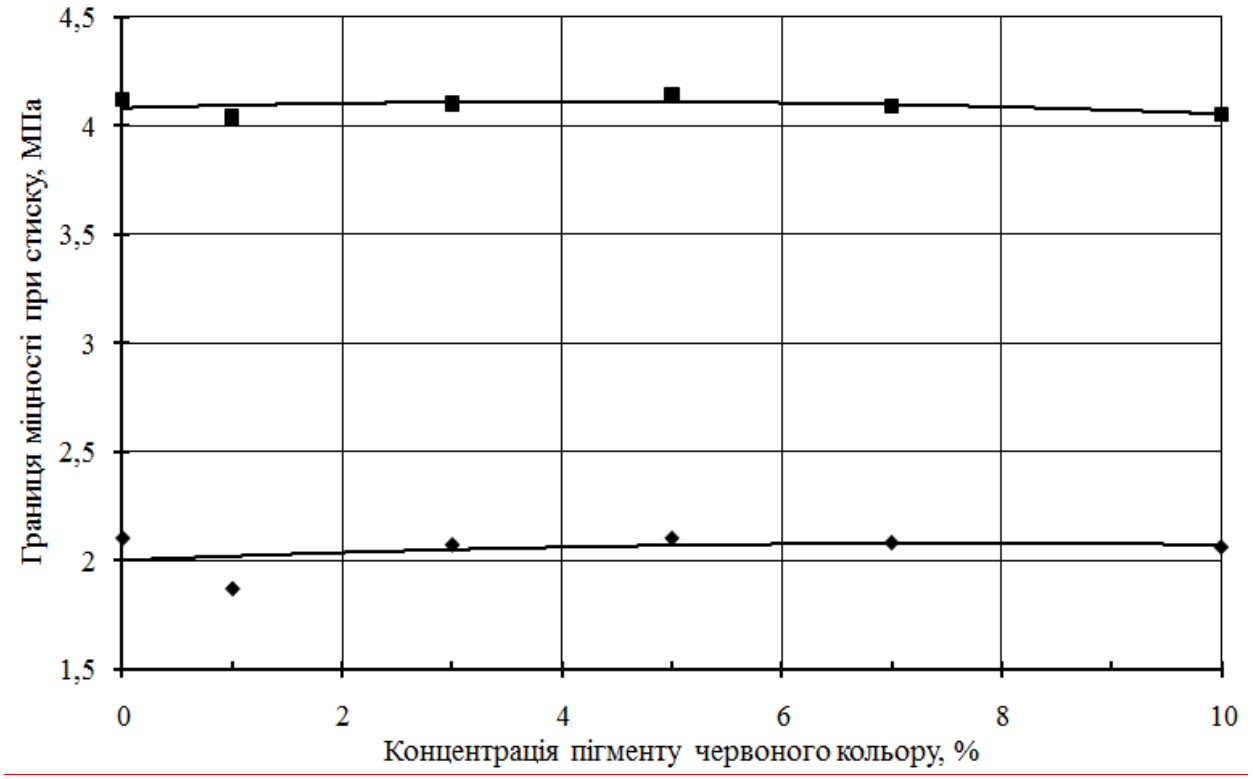


Рис. 2. **Залежність границі міцності при стиску цементогрунту від концентрації пігменту (♦ – 7 доба твердіння, ■ – 28 доба твердіння)**

Проводилось визначення коефіцієнта морозостійкості після 30 циклів заморожування-відтавання за критерієм міцності при стиску наведені в таблиці 4. З наведених в таблиці 4 даних видно, що після 30 циклів заморожування-відтавання із збільшенням вмісту пігменту у цементоґрунті коефіцієнт морозостійкості збільшується, тобто морозостійкість цементоґрунту зростає.

Таблиця 4

Коефіцієнт морозостійкості цементоґрунту в залежності від концентрації пігменту

№ з.п.	Назва складу	$К_{мрз}$
1.	Цементоґрунт	0,76
2.	Цементоґрунт, 1 % пігменту	0,76
3.	Цементоґрунт, 3 % пігменту	0,78
4.	Цементоґрунт, 5 % пігменту	0,81
5.	Цементоґрунт, 7 % пігменту	0,86
6.	Цементоґрунт, 10 % пігменту	0,89

Для отримання адекватної математичної моделі впливу складових (факторів) суміші на механічні властивості цементоґрунту заплануємо проведення дослідів на основі математичної моделі таблиця 5 (ортогональний центрально композиційний план ОЦКП). За основу залежності міцності цементоґрунту на одновісне стискання від кількості цементу та кольорового пігменту оберемо поліном першого порядку:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 \qquad (1)$$

За центр області вишукувань приймаємо склад цементоґрунту з проектною маркою М 40 та закодуємо відсоткові значення X_1, X_2 складових, як x_1 та x_2 з інтервалом варіювання *i (-1, 0, 1)*, таблиця 6.

Матриця експерименту

Таблиця 5

№ досліду	x_0	x_1	x_2	x_1x_2
1	1	-1	-1	1
2	1	-1	1	-1
3	1	1	-1	-1
4	1	1	1	1
5	1	1	0	0
6	1	0	1	0
7	1	0	-1	0
8	1	-1	0	0
9	1	0	0	0

Таблиця кодування факторів

Таблиця 6

Складові			*i*	+1	-1	0
% цементу	x_1	X_1	4	18	10	14
% пігменту	x_2	X_2	2	7	3	5

Результати проведених дослідів

Таблиця 7

№ досліду	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	МПа на (28день)						Середнє значення, МПа
					Серія I	Серія II	Серія III	Серія IV	Серія V	Серія VI	
1	1	-1	-1	1	2.20	2.12	2.20	2.25	1.95	2.45	2.19
2	1	-1	1	-1	1.50	1.75	2.25	2.25	1.45	2.25	1.94
3	1	1	-1	-1	5.51	6.06	5.98	6.03	5.78	6.07	5.90
4	1	1	1	1	7.66	6.68	7.35	6.88	6.41	6.76	7.14
5	1	1	0	0	4.05	3.90	3.12	3.65	4.08	3.40	3.68
6	1	0	1	0	8.28	8.00	7.73	7.87	6.36	7.89	7.69
7	1	0	-1	0	2.47	2.37	2.52	1.89	2.10	2.44	2.30
8	1	-1	0	0	3.21	4.11	4.12	4.01	3.03	3.70	3.86
9	1	0	0	0	4.25	4.25	4.55	3.81	4.61	4.10	4.21

Перевірка результатів за статистикою Кохрена підтвердила відтворюваність результатів дослідів $G_p < G_т$ де G_p =0,32 – розрахункове значення та $G_т$= 0,36 – табличне значення, тобто всі отримані данні однорідні.

Після підрахунку коефіцієнтів рівняння та оцінки їх значущості, побудуємо поверхню значень із практичних результатів дослідів, залежність міцності на стиск від зміни процентного складу цементу та пігменту рис.3.

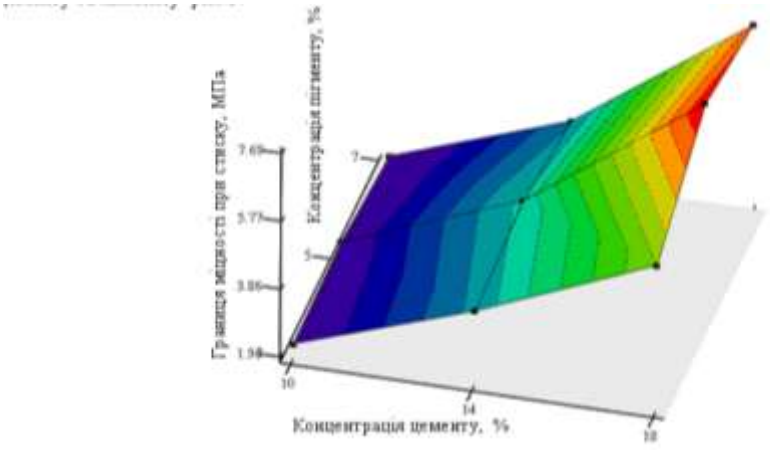


Рис. 3. **Поверхня функції відгуку для експериментальних даних границі міцності при стиску цементоґрунту в залежності від кількості цементу та пігменту**

Концентрація цементу, %

Аналіз коефіцієнтів полінома за допомогою статистики Стьюдента показує достатньо значний прямо пропорційний зв'язок між границею міцності при стиску та кількістю цементу Виявлено оптимальну кількість пігменту, яка становить 5 % за критерієм границі міцності при стиску.

Рівняння регресії, яке відображає залежність міцності на стиск від зміни процентного змісту кольорового цементогрунту можна представити у наступному вигляді:

$$Y = 4.32 + 0.97X_1 - 0.49X_2 + 0.17X_1X_2 \quad (2)$$

Перевірка адекватності за статистикою Фішера показала достовірність запропонованої моделі: при розрахунковій дисперсії S_p =0.949 та значеннями дисперсії практичних даних $S_т$ =0.236 в порівнянні з розрахунковим та табличним значенням F_p = 4.01 < $F_т$ = 5.35, рівень значущості α=0.01.

Для визначення характеристики матеріалу із показником розколу була проведена обробка результатів аналогічно визначенню на стиск за результатами таблиці 8.

Результати проведених дослідів

Таблиця 8

№ досліду	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	Кгс (28день)			Середнє значення, МПа
					Серія I	Серія II	Серія III	
1	1	-1	-1	1	0.69	0.75	0.78	0.74
2	1	-1	1	-1	0.71	0.84	0.78	0.78
3	1	1	-1	-1	2.08	2.03	2.01	2.04
4	1	1	1	1	2.48	2.51	2.54	2.51
5	1	1	0	0	1.97	2.00	1.91	1.96
6	1	0	1	0	2.79	2.76	2.69	2.75
7	1	0	-1	0	0.85	0.81	0.74	0.80
8	1	-1	0	0	1.51	1.57	1.54	1.54
9	1	0	0	0	1.98	2.01	1.95	1.98

Перевірка результатів за статистикою Кохрена підтвердила відтворюваність результатів дослідів $G_p < G_т$ де G_p =0,25 – розрахункове значення та $G_т$= 0,48 – табличне значення, тобто всі отримані данні однорідні.

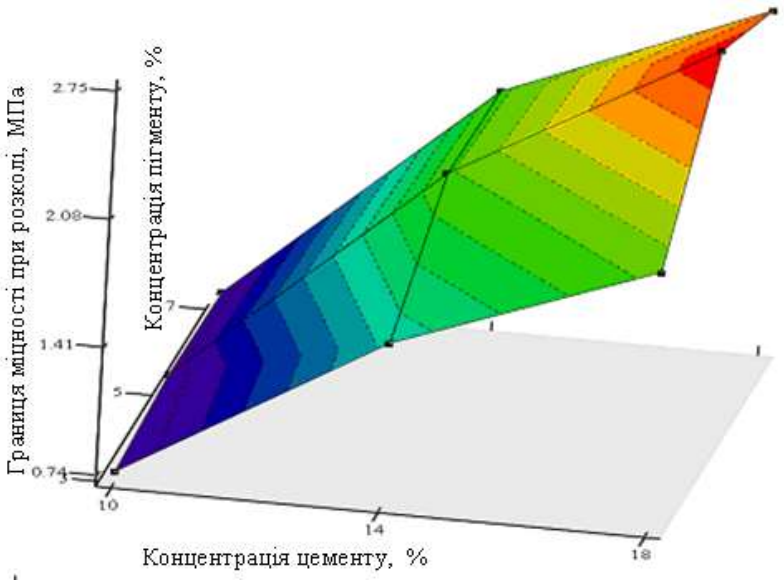


Рис. 4. **Поверхня функції відгуку для експериментальних даних границі міцності при розколі цементогрунту в залежності від зміни кількості цементу та пігменту**

Визначені коефіцієнти полінома перевірили за допомогою статистики Стьюдента та виявили також, як і в першому випадку, достатньо значний прямо пропорційний зв'язок між границею міцності при розколі та кількістю цементу і виявлено оптимальну кількість кольорового пігменту яка як і у випадку визначення границі міцності при стиску становила 5%. Різниця між ступенями впливу факторів на марку при розколі біля 3-ох разів. Для першого фактору $t_1 = 9.87$ у порівнянні $t_2 = -4.12$ для другого фактору (критичне табличне значення $t_{0.95} = 2.101$).

Рівняння регресії, яке відображає залежність міцності на стиск від зміни процентного змісту кольорового цементогрунту можна представити у наступному вигляді:

$$Y = 1.68 + 0.38X_1 - 0.16X_2 + 0.05X_1X_2 \qquad (3)$$

Перевірка адекватності за статистикою Фішера показала достовірність запропонованої моделі: при розрахунковій дисперсії $S_р$ =0.745 та значеннями дисперсії практичних даних $S_т$ =0.312 в порівнянні з розрахунковим та табличним значенням $F_р$ = 2.48 < $F_т$ = 6.99, рівень значущості α=0.01.

Досліджено концентрації цементу для укріплення ґрунту за критерієм міцності при стиску, що відповідають маркам М 10, М 20, М 40, М 60 та М 75.

Визначена границя міцності при стиску цементоґрунту марки М 40 з додаванням різної концентрації пігменту червоного кольору та коефіцієнт морозостійкості після 30 циклів заморожування відтавання. Встановлено, що збільшення концентрації червоного пігменту у цементоґрунті призводить до збільшення коефіцієнту морозостійкості, а границя міцності при стиску як на 7, так і на 28 добу залишається майже незмінною.

Застосований підхід до проведення експерименту надає можливість використовувати математичне планування його проведення та прискорити час на його виконання за рахунок зменшення кількості зразків без втрати проміжних результатів та із достатнім статистичним підтвердженням.

1. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-46-96. – [Чинний від 1996-10-03] – Держкоммістобудування України. – К.: Держкоммістобудування України, 1996.
2. ДСТУ 1438-94 Пігмент для фарб. Загальні технічні умови. Держстандарт України, Київ – 1995.
3. Будівельні матеріали. Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-273:2011 (ГОСТ 23732-79). – [Чинний від 2012-12-01]. – К.: Науково-дослідний інститут будівельних матеріалів і продукції, 2011.
4. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. Державний комітет України містобудування і архітектури, Київ – 1997.
5. ДСТУ Б В.2.1-12:2009 Метод лабораторного визначення максимальної щільності, Мінрегіонбуд України, Київ – 2010.
6. ВБН В.2.3-218-541:2010. Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'яжучими матеріалами. Дордерж НДІ, Київ – 2010.
7. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом: ВБН В.2.3-218-002-95. – [Чинний від 1995-12-11]. – К.: Укравтодор, 1995.
8. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия: ГОСТ 23558-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – М., 1994.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2014.

УДК 629.33/36

Ю.С.Повстяна, І.Є.Андрущак
Луцький національний технічний університет

ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ПРО ПЕРЕДАЧУ ІНФОРМАЦІЇ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

В роботі розглянуто фундаментальні положення теорії інформації в автомобільній та транспортно-дорожній галузі: способи вимірювання та передачі інформації, поняття кількості інформації та ентропії випадкових подій, основні властивості кількості інформації, характеристики дискретного каналу зв'язку. Подано основи кодування інформації, розглядаються статистичні та словникові алгоритми стиснення даних; класифікація і загальна характеристика систем стиснення інформації.

Ключові слова: *модуляція, демодуляція, бод, телекомунікаційні системи.*
Рис 2. Форм 2. Літ 10

Ю.С.Повстяная, И.Е.Андрущак

ОБЩИЕ АСПЕКТЫ О ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В работе рассмотрены фундаментальные положения теории информации в автомобильной и транспортно-дорожной отрасли: способы измерения и передачи информации, понятие количества информации и энтропии случайных событий, основные свойства количества информации, характеристики дискретного канала связи. Представлены основы кодирования информации, рассматриваются статистические и словарные алгоритмы сжатия данных; классификация и общая характеристика систем сжатия информации.

Ключевые слова: *модуляция, демодуляция, бод, телекоммуникационные системы.*

Y.Povstiana, I.Andrushchak

GENERAL ASPECTS OF THE TRANSMISSION OF INFORMATION THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

This paper deals with the fundamental principles of the theory of information in the automotive and transport and road industry: methods of measurement and transmission of information, the concept of quantity of information entropy and random events, the basic properties of the amount of information, the characteristics of a discrete communication channel. Posted basics of coding information considered statistical and dictionary data compression algorithm; classification and general characteristics of compression.

Keywords: *modulation, demodulation, baud, telecommunications systems.*

Системи зв'язку, телекомунікації та інформаційна безпека телекомунікаційних систем є в даний час однією з галузей науки і техніки, яка найбільш досить швидко розвивається та вдосконалюється. Безперервно зростає потреба в передачі різних потоків інформації в автомобільній та транспортно-дорожній галузі, при цьому повинна забезпечуватись цілісність переданої інформації і нерідко конфіденційність передачі.

Передача інформації є найважливішим завданням в системах зв'язку, телекомунікацій, комп'ютерних мережах, телефонії, навігаційних та вимірювальних системах.

Серед систем передачі інформації особливе місце займають супутникові системи, які забезпечують охоплення дуже великих територій (аж до глобального забезпечення інформаційним зв'язком або навігаційним), але відрізняються досить високою складністю конфігурації та функціонування.

У теорії інформації та передачі сигналів під інформацією розуміють − сукупність відомостей про які-небудь події, процеси, явища, що розглядаються в аспекті їх передачі в просторі і в часі. Інформацію передають у вигляді повідомлень [1,4].

Інформація може бути двох видів: дискретна (цифрова) і неперервна (аналогова).

Неперервна інформація – це дані, що одержані при неперервному за часом процесі змінювання деякої випадкової величини і описуються неперервними (аналоговими) функціями.

Дискретна інформація – це цифрові дані, одержані у результаті квантування (дискретизації) неперервної величини за часом, рівнем або тим і іншим одночасно (рис.1.1). Дискретну інформацію зберігати і обробляти набагато простіше, оскільки вона являє собою послідовність чисел. У двійковій системі числення дискретна інформація являє собою послідовність 0 та 1.

©Ю.С.Повстяна, І.Є.Андрущак

Для переведення неперервної інформації в дискретну і навпаки використовуються спеціальні пристрої модуляції/демодуляції − модеми.

Пристрій, що реалізовує процес дискретизації неперервного сигналу, називається аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП). Частота, з якою АЦП проводить виміри аналогового сигналу і видає його цифрові значення, називається частотою дискретизації. Пристрій, що інтерполює дискретний сигнал у неперервний називається цифро-аналоговим перетворювачем.

Чим вища частота дискретизації, тим точніше переведення неперервної інформації в дискретний сигнал. Проте із зростанням частоти зростає і розмір дискретних даних і, отже, складність їхнього оброблення, передачі і зберігання.

Сполученням називають інформацію, виражену в певній формі та призначену для передачі від джерела до адресата. Прикладами повідомлень служать мова, телевізійне зображення, дані на виході обчислювальної системи, команди в системі автоматичного управління і т.д.

Повідомлення передають каналами (лініями) зв'язку за допомогою сигналів, які є носіями інформації. Основним видом сигналів є електричний сигнал, проте, широкого поширення набули так само оптичні сигнали. Оптичні сигнали не можуть застосовуватися в супутникових системах для передавання інформації в глобальному масштабі (так як вимагають наявності волоконно-оптичної лінії зв'язку), але можуть використовуватися для зв'язків окремих вузлів або блоків системи.

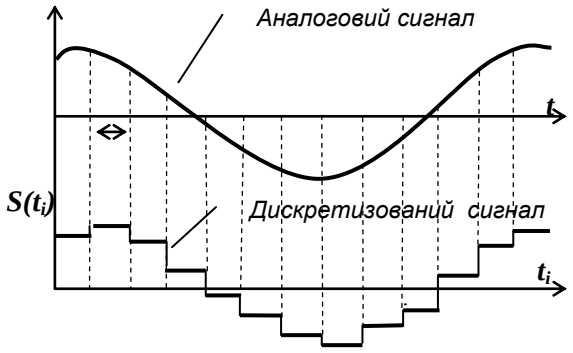


Рис 1.1. Види інформації

Під зв'язком у найзагальнішому випадку розуміється передача інформації від відправника (джерела) до одержувача. Надалі будемо розглядати тільки електрозв'язок, при якому передача інформації здійснюється електричними сигналами. Стосовно до зв'язку під інформацією розуміють ті відомості, які є об'єктом передачі, переробки і зберігання. Саме поняття інформації невід'ємне від поняття системи, наприклад, управління або зв'язку. Застосування до таких систем інформації є не що інше, як мати відомості про об'єкт управління або зв'язку, які укладені в переданому повідомленні [5,6].

Сполученням називають сукупність відомостей про стан деякого матеріального об'єкта. Щоб надіслати повідомлення на відстань необхідно застосувати який-небудь фізичний процес, в зміні параметрів якого було б укладено повідомлення. Присвячений до такого виду фізичний процес і називається сигналом. Таким чином, передача повідомлень від відправника (джерела) до одержувача здійснюється за допомогою сигналів, які є матеріальними носіями інформації в системі зв'язку.

Каналом зв'язку в автомобільній та транспортно-дорожній галузі (каналом передачі) називається сукупність технічних засобів та середовища розповсюдження, забезпечувати при підключенні абонентських кінцевих пристроїв передачу повідомлень від джерела до одержувача. Канал зв'язку в залежності від виду переданих повідомлень може називатися телефонним, телеграфним, телевізійним та ін. У його склад входить лінія зв'язку, яка і являє собою середовище поширення сигналів. Це може бути або провідна лінія (пара проводів, кабель, хвилевід), або радіолінія. Радіолінія включає в себе засоби радіозв'язку, а також область простору, в якому поширюються радіохвилі від передавача до приймача.

Системою зв'язку (системою передачі) називається сукупність технічних засобів і середовище поширення, що забезпечує формування каналів зв'язку і передачу ними різного виду повідомлень між абонентами.

У самому загальному випадку система зв'язку − це частина системи управління, що представляє собою організаційно-технічне об'єднання сил і засобів зв'язку, призначена для обміну повідомленнями між абонентами. Абонентом може бути людина, автомат, електронно-обчислювальна машина і т.п., що використовують в кінцевому абонентські пристрої типу телефонних і телеграфних апаратів, дисплеїв, передавальних камер в телебаченні.

Найбільш дорогою частиною в автомобільній та транспортно-дорожній галузі системи зв'язку часто є лінія зв'язку (за винятком випадків, коли лінія зв'язку − вільний простір), тому її намагаються використовувати найкращим чином. Це досягається або збільшенням швидкості передачі, або тимчасовою передачею по лінії декількох незалежних повідомлень. В останньому випадку система зв'язку називається багатоканальною. Така система вимагає спеціальної апаратури для формування, а потім розділення сигналів повідомлень на приймальній стороні за деякими ознаками (частотним, часовим та ін.). Будь-яка система зв'язку характеризується кількома показниками, головними з яких є пропускна здатність, достовірність передачі і завадостійкість.

Пропускна здатність характеризує максимальну швидкість передачі інформації, яка може бути досягнута за умови, що канал зв'язку не вносить спотворень і помилок.

Достовірність передачі визначається ступенем спотворення сигналу, тобто тим, наскільки прийнятий сигнал відповідає переданому йому.

Завадостійкість характеризує здатність системи зв'язку протистояти шкідливій дії перешкод при передачі повідомлень.

Повідомлення, що підлягають передачі по каналу зв'язку можуть бути безперервними (аналоговими) або дискретними. В якості безперервного повідомлення може виступати мова, звуковий тиск, яскравість світіння і т.д., які змінюють свої значення в певному діапазоні на певному інтервалі часу. Повідомлення такого типу перетворюються в кінцевих абонентських пристроях в електричний первинний сигнал. На невеликі відстані такий сигнал може передаватися безпосередньо лініями телефонного зв'язку. Проте, якщо відстань значна, що характерно для супутникових систем, то сигнал необхідно перетворити в високочастотний сигнал (радіосигнал). Перетворення безперервного повідомлення A (t) у відеосигнал U (t), а потім в високочастотний сигнал S (t), ілюструється на рис. 1.2. Необхідно відзначити, що не завжди дискретні повідомлення перетворюються в дискретні сигнали, а безперервні повідомлення − в неперервані сигнали. В залежності від конкретних умов можуть застосовуюся будь-які варіанти перетворення повідомлень у сигнали.

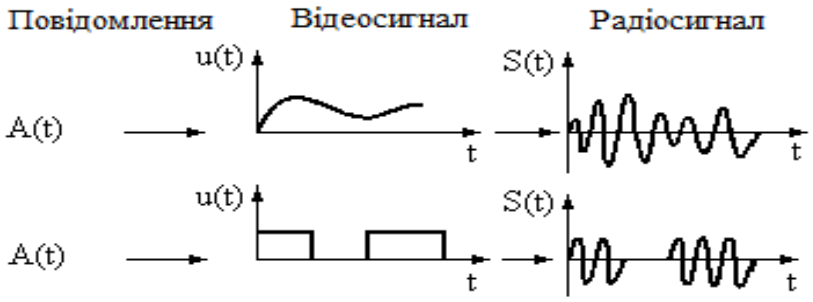


Рис. 1.2. Перетворення сигналів

Передане повідомлення лише тоді несе інформацію, коли відображає випадкову подію. Тому і сигнал, що відображає повідомлення, носить випадковий характер. Зроблене зауваження має велике значення в теорії передачі повідомлень. Справа в тому, що в процесі передачі на сигнал діють різного роду перешкоди, які також носять випадковий характер. А раз так, то прийнятий сигнал не в повній мірі буде відповідати переданому. Ступінь відповідності прийнятого повідомлення переданому характеризує достовірність передачі. Зрозуміло, що для її підвищення необхідно приймати спеціальні заходи, за можливістю виключають дію перешкод. Для цього потрібно чітко знати, які параметри сигналу є основними і якою функцією можна описати інформаційний сигнал, який сам носить випадковий характер [3].

Будь-який сигнал, що представляє собою мінливу в часі величину, може бути описаний деякою функцією часу. Дуже важливо при описі сигналу виділити ті його показники, які є головними з точки зору умов його передачі.

У теорії зв’язку такими головними показниками сигналу прийняті наступні його параметри:

- тривалість сигналу;
- динамічний діапазон сигналу;
- ширина спектру сигналу.

Тривалість сигналу визначає інтервал часу існування сигналу, а значить, і час зайнятості каналу передачі системи зв’язку.

Динамічний діапазон визначається відношенням найбільшої потужності сигналу до найменшої. Він вимірюється логарифмічною мірою і виражається в децибелах (дБ). Найменша потужність сигналу вибирається такою, щоб вона не перевищувала потужність перешкод. На практиці широко використовується такий показник, як відношення потужностей сигналу і перешкоди. Таким чином, динамічний діапазон характеризує максимальну потужність сигналу, але не абсолютну, а віднесену до потужності перешкоди.

Ширина спектра сигналу характеризує швидкість зміни сигналу на інтервалі його існування. Ширина спектру різних сигналів відрізняється досить суттєво. Деякі сигнали мають нескінченний спектр. На практиці ширину спектра будь-якого сигналу обмежують смугою частот, в якій зосереджена його основна енергія. Цей факт є дуже важливим, оскільки смуга пропускання частот різних каналів зв’язку істотно залежить від типу використовуваної апаратури та ліній зв’язку. Тому не будь-який сигнал можна передавати будь-яким каналом зв’язку. Отже, обмеження спектра сигналу технічно вигідно. При цьому головним критерієм при обмеженні ширини спектру зазвичай є допустимі спотворення сигналу.

Подібно сигналу, канал зв’язку так само можна описати трьома параметрами:

- тривалість передачі;
- динамічний діапазон;
- ширина спектру (ємність каналу).

Однак, для каналу зв’язку ці параметри можуть бути не постійними. Розрізняють канали зв’язку з постійними і змінними параметрами.

До каналів зв’язку з постійними параметрами відносяться провідні канали передачі і деякі канали радіозв’язку ультракороткохвильового діапазону.

До каналів зв’язку із змінними параметрами відносяться практично всі канали радіозв’язку. Це викликано тим, що область вільного простору, в якому поширюються електромагнітні хвилі, змінює свої показники під дією зовнішніх умов. Тому сигнал на виході каналу радіозв’язку весь час випадковим чином змінюється за рівнем в широких межах. Звідси випливає, що канал радіозв’язку знаходиться в більш важких умовах у відношенні до каналу проводового зв’язку і такий показник, як достовірність передачі у каналі радіозв’язку нижче.

У найзагальнішому розумінні інформація – це передавання, відображення певного різноманіття. В теорії інформації інформацію розглядають як кількісну міру усунення невизначеності, що зменшується у результаті отримання якихось відомостей.

Отже, інформація – це об’єктивно існуючий зміст, який характеризує стан і поведінку певної системи загалом або її окремих елементів та зменшує ступінь невизначеності у процесі його пізнання і переробки. Інформація протилежна невизначеності.

Кодування − перетворення інформації на впорядкований набір символів, елементів, знаків. При кодуванні кожному повідомленню з деякої множини, що називається ансамблем повідомлень, ставиться у відповідність зумовлена кодова комбінація − набір символів (елементів, знаків). Множина повідомлень називається алфавітом повідомлень, або первинним алфавітом, а множина символів (елементів, знаків) називається алфавітом джерела, або вторинним алфавітом. Побудована відповідно до певної схеми кодування множина кодових комбінацій називається кодом [7,8].

За функціональним призначенням коди поділяють на безнадмірні (некоригувальні, первинні, прості) і надмірні (коригувальні, завадостійкі). Перша група кодів призначена для економного кодування інформації – стиснення. Друга використовується для виявлення та/чи виправлення помилок, що виникають у процесі передачі даних каналом зв’язку із завадами.

Коди можуть бути рівномірними і нерівномірними − з постійною і змінною кількістю розрядів.

Канал зв’язку − це середовище передачі інформації, що характеризується максимально можливою для нього швидкістю передачі даних – пропускною здатністю, або ємністю каналу.

Пропускну здатність каналу зв’язку без шуму можна наближено обчислити, знаючи

максимальну частоту хвильових процесів, допустимих у цьому каналі. Вважається, що швидкість передачі даних може бути не менше цієї частоти.

Інформація, що передається каналом зв'язку або видозмінена в результаті вимірювання, розміщена в сигналі. Для оцінки *інформаційної ємкості* сигналу повинен бути встановлений зв'язок між параметрами сигналу і кількістю інформації, яку можна передати за допомогою даного сигналу.

Узагальнена схема системи передачі інформації має такий вигляд (рис. 1.3).

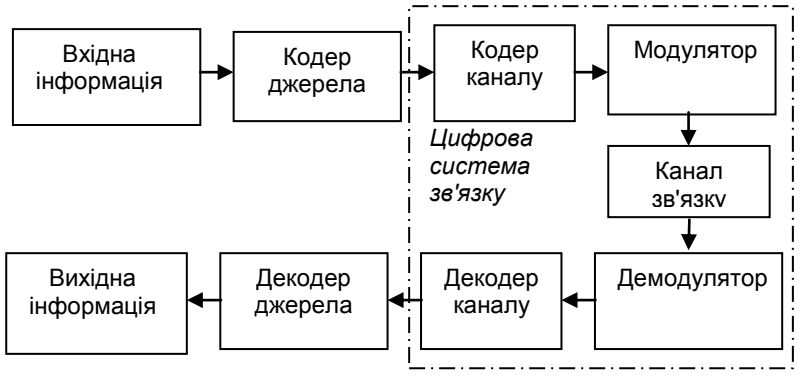


Рис. 1.3. Схема системи передачі інформації

Приріст кількості інформації рівний:

$$I = \log \frac{P_2}{P_1} = \log P_2 - \log P_1 \ , \tag{1.1}$$

де P_1 – апріорна вірогідність події,
P_2 – апостеріорна вірогідність.

За умови, що канал зв'язку є ідеальним, тобто, що в ньому повністю відсутні перешкоди, а також спотворення сигналів, подія після прийому повідомлення про нього стає достовірною, вірогідність P_2 звертається в одиницю:

$$I = -\log P_1 \ . \tag{1.2}$$

Кількість інформації залежить від вірогідності P_1 події до прийому повідомлення. Чим менше ця вірогідність, тобто, чим більше невизначеність результату, тим велика інформація про нього виходить при прийомі повідомлення.

Найбільш важливим з перешкод є власний шум радіоприймального пристрою, завжди присутній на його вході. Шум є випадковою функцією часу і його можна вважати стаціонарним випадковим процесом **[** 9,10 **]**.

Наявність шуму, зменшує достовірність прийому повідомлень, кількість інформації зменшується. Руйнування інформації може бути наслідком дії ще різного роду перешкод: природних, взаємних і таких, що мають намір.

Природні перешкоди – вхідні теплові і дробові шуми приймача, віддзеркалення радіосигналів від природних утворень, випромінювання сонця або інших позаземних джерел. Взаємні – такі, що заважають сигнали, що виникають на вході приймального пристрою із-за випромінювання інших радіотехнічних пристроїв, що також проводить корисну передачу або витягання інформації. Що мають намір – створюються свідомо з метою перешкодити отриманню супротивником корисної для нього інформації.

1. Аболиц А.И. Системы спутниковой связи. Основы структурно-параметрической теории и эффективность. – М. ИТИС, 2004.
2. Агуров П.В. Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования. СПб.: БХВ-Петербург, 2004 – 496 с.
3. Андрущак І.Є. Системи безпровідних технологій передачі даних / Методичні вказівки до практичних занять для студентів напряму 8.010104 “Професійна освіта. Комп’ютерні технології”. Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 140 с.
4. Бернард. С. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
5. Борисов В.А., Калмыков В.В., Ковальчук Я.М. Радиотехнические системы передачи информации. Изд-во "Радио и связь", 1990.
6. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 203 с.
7. Васин В.В., Власов О.В., Григорин-Рябов В.В., Дудник П.И., Степанов Б.М. Радиолокационные устройства. Изд-во "Советское радио", 1970.
8. Ветринский Ю.А. Системы спутниковой связи: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2007.
9. Ветринский Ю.А. Системы спутниковой связи: Лабораторный практикум. - СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2007.
10. Гаранин М.В., Журавлев В.И. Системы и сети передачи информации: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2001.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014.

УДК 629.13

М.Г.Погорєлов[1], С.М.Мастепан[2], О.І.Субочев[3], В.О. Субочева[3]
[1] Донбаський державний педагогічний університет,
[2] Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
[3] Донецький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ З УРАХУВАННЯМ ВИРОБНИЧИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ІНВЕСТИЦІЙ

Отримана залежність комплексного коефіцієнту ефективності виробничих і екологічних інвестицій в функціонування автосервісних підприємств. Визначена міра післядії виробничих і екологічних інвестицій в автосервіс. Узгоджено з регіональними органами влади можливість надання виробничих і екологічних інвестицій в автосервіс за умови стимулювання і реалізації проекту розширення виробництва автосервісного підприємства.

Ключові слова: *автосервісне підприємство, підвищення ефективності, виробничі та екологічні інвестиції.*

М.Г.Погорелов, С.Н.Мастепан, А.И.Субочев, В.А.Субочева

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНВЕСТИЦИЙ

Получена зависимость комплексного коэффициента эффективности производственных и экологических инвестиций в функционирование автосервисных предприятий. Определена мера последствий производственных и экологических инвестиций в автосервис. Согласована с региональными органами власти возможность оказания производственных и экологических инвестиций в автосервис при условии стимулирования и реализации проекта расширения производства автосервисного предприятия.

Ключевые слова: *автосервисное предприятие, повышение эффективности, производственные и экологические инвестиции*

M.Pogorelov, S.Mastepan, A.Subochev, V.Subocheva.

IMPROVEMENT OF FUNCTIONING EFFICIENCY OF CAR CARE ENTERPRISES WITH PRODUCTION AND ECOLOGICAL INVESTMENTS

The dependence of complex coefficient efficiency of production and ecological investments to car care enterprises functioning is calculated. A number of profitability indices and stability factors for invested project are analyzed. The income resulted from indirect credit of car care enterprises and calculated with a forecasting inflation coefficient is proved to influence the efficiency of production and ecological investments to car care business. After actions of production and ecological investments to car care business are defined. Guaranteed income from alternative environment of production and ecological investments to the car care enterprises project depends on possible funds on bank deposit and is calculated by summing up the reporting periods regarding inflation processes. Dependence coefficient reflecting the influence of region power bodies on the car care enterprise functioning is worked out. Region power bodies suggest indirect investment to the car care enterprise on the condition of stimulation and car care business expansion. Production and ecological investments to the car care business are possibly executed by region power bodies on the condition of stimulation and car care business expansion. *Values of gross and net income resulted from* ***the invested ecological project are to be calculated on the basis of the ecological pollution payment.***

Key words*: car care enterprises, efficiency improvement, production and ecological investments.*

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт відіграє визначну роль в транспортному комплексі України. Інтенсифікація виробництва, підвищення продуктивності праці, економія усіх видів ресурсів, охорона навколишнього середовища - це коло задач, що диктуються науково-технічним прогресом та мають безпосереднє відношення до автомобільного транспорту та його найважливішої підсистеми - технічної експлуатації автомобілів [1].

Тепер автосервісні підприємства мають не достатньо високі показники функціонування, тому для досягнення ефективності сучасного виробництва необхідні інвестиції у вигляді кредиту. Для сфери надання автосервісних послуг досить привабливою є непряма форма кредиту. Ця форма кредиту виникає, коли позика береться для кредитування інших суб'єктів, при цьому стосунки між підприємствами зводяться до звернення до банків за векселями. Недолік цього виду кредитування є вищий відсоток ставок. Проте непряме кредитування з кожним роком зустрічається частіше, оскільки позичальник відразу може отримати необхідні для нього засоби без доручителів, застави і бюрократичної тяганини [2].

Щоб забезпечити високу якість технічного обслуговування та ремонту (ТО та Р) зростаючої кількості автомобілів необхідно сформувати розвинуту структуру автосервісних підприємств (АСП) на науковій основі. З урахуванням фінансових і природно-ресурсних обмежень управління розвитком

©М.Г.Погорєлов, С.М. Мастепан, О.І. Субочев, Субочева В.О

структури підприємств різної потужності в автосервісній системі потрібно поліпшити, оптимізуючи істотні параметри за допомогою модельного експерименту, до її практичної реалізації [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку із загостренням конкуренції на ринку транспортних послуг проблема зниження витрат на технічну підготовку рухомого складу набула особливої гостроти. Величина вказаних витрат багато в чому залежить від рівня розвитку підприємств автосервісу, форм організації і управління, оснащеності підприємств технологічним обладнанням, укомплектованості персоналом в залежності від видів і об'ємів робіт та інших факторів, що забезпечують конкурентну спроможність комерційних послуг [4].

Оптимізація потужностей автосервісних підприємств здійснюється на основі прогнозу чисельності автопарку (з урахуванням диференціації її по міських районах) і з використанням прогнозованих значень системи економічних нормативів, прийнятої в автосервісі (пропускна здатність одного робочого поста як основної одиниці виробничої потужності, коефіцієнт обслуговування автотранспортних засобів автосервісними підприємствами, коефіцієнт використання технологічного устаткування, застосовуваного при ТО та Р автомобілів) [5].

Існуюча структура потужностей АСП у якісному розвитку є неефективною. Відсутність науково-обґрунтованих методів управління її розвитком в умовах конкуренції не створило реальних передумов для становлення перспективної сфери автосервісних послуг. Тому проблема оптимального розвитку системи автосервісу для нашої держави набула особливої актуальності [6].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. В умовах ринкових відносин підприємства самостійно приймають господарські рішення з досить великого кола питань, пов'язаних із плануванням, стимулюванням, фінансуванням, технічним і соціальним розвитком виробництва. Автосервісні підприємства, які несуть повну економічну відповідальність за результати своєї виробничо-господарської діяльності, зацікавлені у прийнятті аргументованих і компетентних господарських рішень, спрямованих на повне й ефективне використання всього виробничого потенціалу, ресурсозбереження, зниження усіх видів витрат, підвищення конкурентоспроможності продукції, що випускається, на зовнішньому і внутрішньому ринках.

Мета роботи. Дана робота має за мету визначення оптимальних величин виробничих і екологічних інвестицій для ефективності функціонування автосервісних підприємств.

Матеріали і результати дослідження. Визначення ефективності використання виробничих інвестицій базується на основі соціально - природо - економічної системи взаємин автосервісних підприємств, довкілля і регіональних структур. Вона містить визначення фінансових показників прибутковості інвестованого проекту (групи взаємопов'язаних проектів), найважливіші фактори стійкості функціонування інвестованого підприємства, його надійності, дає можливість враховувати вплив довкілля на якість послуг, міру зв'язку інвестованого проекту з іншими проектами, їх взаємовплив і взаємообумовленість.

Комплексний коефіцієнт ефективності виробничих і екологічних інвестицій визначається за формулою:

$$K_{ком} = \frac{\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\left(Д^{j}\right)_i + \gamma\left(\Delta Q^{j}\right)_i + \left(З^{j}_{ек}\right)_i\right)}{\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\left(Д^{j}\right)_i + \gamma\left(\Delta Q^{j}\right)_i + \left(З^{j}_{ек}\right)_i\right) + \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(Д_{альт}\right)_i} R_i \frac{1+\beta}{2}, \qquad (1)$$

де i - поточний період життєвого циклу інноваційного проекту $i = 1;2...T$;

j - номер функціонуючої підсистеми автосервісу, $j = 1;2...\mathrm{N}$;

T - тривалість життєвого циклу інноваційного проекту;

$\left(Д^{j}\right)_i$ - сума доходів за перенаправленими засобами в звітний період часу (наприклад, рік) з моменту непрямого кредитування підсистеми автосервісу.

Реальний дохід від непрямого кредитування підприємства підсистеми автосервісу:

$$Д^{j} = d^{j} \cdot П^{j}_{пов} - Н^{j}_{непрям} \qquad (2)$$

де $П_{пов}^{j}$ - очікувана системою S_0 сума повернення (разом з відсотками) після закінчення часу непрямого кредитування $t_{кр}$. Чим менше $t_{кр}$, тим більшого значення повинен набувати комплексний коефіцієнт оцінки ефективності $K_{ком}$;

d^{j} - очікуваний (прогнозований) коефіцієнт інфляції ($d^{j} \cdot S_0 П_{пов}$ - реально повернений обсяг засобів в рівні цін на сьогоднішній день);

$H_{непрям}^{j}$ - обсяг непрямого кредитування в грошових одиницях;

Чим більше реальний дохід від такого перенаправлення засобів, тим вище значення прийматиме коефіцієнт $K_{ком}$.

γ - коефіцієнт міри важливості наслідку від реалізації проекту для системи, тобто коефіцієнт, що показує значущість (важливість, актуальність) післядії S_0. Для різних проектів і виробничих завдань показник γ може бути різним в залежності від вигляду продукції, послуг вироблених автосервісними підприємствами;

$\left(\Delta Q^{j}\right)_i$ - загальний приріст обсягу виробничої продукції від реалізації проекту в звітний період з моменту непрямого кредитування підсистеми автосервісу.

Очікуване від реалізації проекту збільшення об'ємів виробленої продукції, послуги на підприємстві автосервісу в одиницю часу t (наприклад, рік) дорівнює:

$$\Delta Q^{j} = \frac{\left(Q_{нов}^{j} - Q_{баз}^{j}\right)}{t} \qquad (3)$$

де $Q_{нов}^{j}$ - обсяг виробленої продукції, послуги на підприємстві автосервісу після реалізації проекту;

$Q_{баз}^{j}$ - обсяг виробленої продукції, послуги до реалізації проекту. Якщо відомий тип виконуваних послуг автосервісу на підприємстві і обсяги необхідних перевезень, то легко визначається відповідний приріст обсягів автомобільних перевезень в одиницю часу (наприклад, рік) $\frac{\Delta Q^{j}}{t}$.

Величина $\frac{\Delta Q^{j}}{t}$ є чисельною характеристикою фактора, що визначає значення комплексного коефіцієнта ефективності взаємодії, мірою післядії, мірою очікуваних вигод для системи S_0 від реалізації проекту за участю системи S_1. Чим більше міра післядії, тим більше значення коефіцієнта $K_{ком}$.

Загальна сумарна доходів від перенаправлення засобів в проект (система S_1), тобто дохід, прорахована з точки зору системи S_0:

$$Д_{пр} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\left(Д^{j}\right)_i + \gamma\left(\Delta Q^{j}\right)_i\right) \qquad (4)$$

Підсумовування в цій формулі здійснюється за кількістю звітних періодів.

$\left(З_{ек}^{j}\right)_i$ – сума еколого-економічного збитку від забруднення довкілля автомобільним транспортом;

$\left(Д_{альт}\right)_i$ - можливий гарантований дохід від альтернативного розміщення засобів, потрібних на перенаправлення засобів в проект підприємства автосервісу. Розрахунок загального альтернативного доходу від можливого розміщення засобів на банківському депозиті здійснюється

підсумовуванням за кількістю звітних періодів. У підсумковому значенні доходу $Д_{альт}$ від альтернативного розміщення засобів враховуються інфляційні процеси через прогнозований коефіцієнт інфляції;

R_i - рівень стійкості функціонування реалізації проекту. Чим вище коефіцієнт стійкості, тим більше значення прийматиме коефіцієнт $K_{ком}$;

β -коефіцієнт - міра ув'язки інвестованого проект з іншими проектами і програмами регіону. Значенню $\beta = 0$ відповідає повна незалежність (ізольованість) проекту від довколишніх виробничих завдань в регіоні, значенню $\beta = 1{,}0$ відповідає ситуація прямої залежності інших проектів від реалізації даного проекту. Наприклад, адміністрацією області встановлена умова виділяти землевідведення для будівництва складу лише в разі стимулювання і реалізації проекту розширення виробництва.

Коефіцієнт міри зв'язку відображає міру дії на підприємство автосервісу з боку регіональних органів влади, що наполягають на непрямому інвестуванні підприємства автосервісу.

Інвестиційні проекти екологічного напряму відрізняються від проектів інших напрямів способом утворення валового доходу.

Величина валового доходу від екологічних результатів визначається таким чином:

$$D_t = (S_0 - S_{1t}) + (S_0^* - S_{1t}^*) + O_t + \Delta P_t + \Delta M_t \qquad (5)$$

де S_0 та S_0^* - відповідно сума платежів за забруднення природного середовища, відношувана на собівартість продукції і відшкодовувана за рахунок прибутку, що залишається у розпорядженні підприємства, до реалізації інвестиційного проекту;

S_{1t} та S_{1t}^* - відповідно сума платежів за забруднення природного середовища, відношуваного на собівартість продукції і відшкодовувана за рахунок прибутку, що залишається у розпорядженні підприємства, в результаті реалізації інвестиційного проекту за кожен рік t;

O_t - виручка від реалізації відходів, які утилізували, або продукції з них як результат проекту в рік t;

ΔP_t - виручка від реалізації екологічно чистої або безпечної продукції в рік t;

ΔM_t - економія матеріальних і енергетичних витрат як результат інвестиційного проекту в рік t.

Чистий дохід підприємства автосервісу від реалізації інвестиційного проекту екологічного напряму визначається за формулою:

$$W_t = (D_t - C_t)(1 - H_t) + \left[(S_0^* - S_{1t}^*) + A_t\right] H_t, \qquad (6)$$

де C_t - поточні витрати, грн;

A_t - сума амортизаційних відрахувань на основні фонди, грн;

H_t - ставка податку на прибуток.

Висновки. Запропонована математична формалізація оцінки ефективності інвестицій може бути застосована як інструмент порівняння ефективності взаємодії за окремими проектами структур автосервісних підприємств з суб'єктами держави. Вона дозволяє проводити обчислення і для проектів, в яких задіяні різні системи, включаючи адміністративно-територіальні утворення, промислові підприємства, банки та інші структури.

Перспективи подальших розвідок. В умовах реформування української економіки активізація підприємницької діяльності, як невід'ємної складової ринкового середовища, набуває дедалі більшого значення. Формування сприятливого економічного, фінансового і правового підприємницького поля, стимулювання розвитку економічної конкуренції, забезпечення нормативно-правової стабільності, виховання почуття власності стають важливішими факторами прискорення економічного розвитку України.

1. Курніков І.П. Формування раціональних форм централізованих спеціалізованих виробництв в автосервісі з урахуванням якості послуг / Курніков І.П., Будніченко В.Б., Лобода А.В. // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. Збірник наукових праць. Випуск 15. – Київ, 2002. – с. 122-128.
2. Сысоев Д.К. Повышение качества и эффективности технического сервиса легковых автомобилей региона: автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Д.К.Сысоев. – Липецк, 2008. – 19 с.
3. Саєд Юсоф. Методика формування раціональної структури підприємств різної потужності у системі автосервісу: автореф. дис. на здобуття степеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 - «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Саєд Юсоф. – Харків, 2000. – 24 с.
4. Пустовойтенко С.В. Забезпечення якості послуг в автосервісі на основі оптимізації виробничих процесів: автореф. дис. на здобуття степеня канд. техн. наук: спец. 05.13.22 – «Управління проектами та розвиток виробництва» / С.В. Пустовойтенко. – Київ, 2003. – 20 с.
5. Погорєлов М.Г. Оптимізація потужностей автосервісних підприємств з урахуванням інвестицій пріоритетності / М.Г. Погорєлов, О.І. Субочев, В.О. Субочева, А.О. Фесенко // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля / СНУ ім. Володимира Даля. - Луганськ, 2012. - № 9 Частина 1. – С. 43 – 48.
6. Погорєлов М.Г. Формування процесу прогнозування попиту на автосервісні послуги послуг / М.Г. Погорєлов, С.М. Мастепан, О.І. Субочев, В.О. Субочева, М.М. Гуляєв // Вісник Севастопольського національного технічного університету / Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт/ СевНТУ. - Севастополь, 2012. - №135. - С. 240 – 243.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014.

©М.Г.Погорєлов, С.М. Мастепан, О.І. Субочев, Субочева В.О

УДК 629.01.7

М.А.Подригало, Д.В.Абрамов А.І.Нікорчук
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРЕНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ КОЛОН

У статті запропонований інтегральний критерій оцінки динамічних властивостей автомобілів в колоні та методика розміщення автомобілів в колоні по запропонованому критерію.

Ключові слова*: автомобільна колона, автомобіль лідер, індекс динамічності, динамічні властивості автомобілів, інтегральний критерій оцінки динамічних властивостей автомобілів.*

Рис 5. Табл 1. Форм 5. Літ 4

В статье предложен интегральный критерий оценки динамических свойств автомобылей в колоне и методика размещения автомобилей в колоне по предложенному критерию.

The paper considers ways of improving maneuverability truck convoys security agencies in the performance and combat service and combat missions through the rational choice of the type of rolling stock and the location of vehicles in the convoy.

Постановка проблеми. Динамічні властивості автомобілів, які входять в склад автомобільної колони, здійснюють істотний вплив на її маневреність при виконанні бойових та службово-бойових завдань. Низькі динамічні властивості окремих автомобілів призводять до розтягування автомобільної колони по довжині що спричинює зниження бойової готовності підрозділів що перевозяться . Тому при формуванні автомобільних колон силових структур необхідно враховувати як паспортні тягово-швидкісні властивості машин, їх завантаження, так і пробіг який впливає на зниження вказаних властивостей в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінку технічного рівня автомобілів за показниками динамічних властивостей запропоновано в роботі [1]. У цій роботі запропоновано показник – “ індекс динамічності ” (відносний показник, рівний відношенню максимального початкового прискорення розглянутого автомобіля до аналогічного показника автомобіля , прийнятому за базовий зразок). В якості базового зразка при проведенні досліджень взято зразок - " автомобіль лідер" , що володіє найбільшим значенням початкового максимального лінійного прискорення серед інших автомобілів які випускаються в світі в розглянутому році. Визначено середнє значення запропонованого показника для всіх моделей , які випущені в розглянутому році автомобілів. Високе значення індексу динамічності забезпечує можливість руху автомобілів в єдиному транспортному потоці , знижують ймовірність утворення заторів на дорогах [2]. Запропонований у роботі [3] підхід до оцінки динамічних властивостей дозволяє оцінювати технічний рівень автомобілів (у роботі [4] розглянуто легкові автомобілі) і визначати необхідність його підвищення.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення маневреності автомобільних колон силових структур при виконанні бойових та службово-бойових завдань шляхом раціонального вибору типу рухомого складу і місця розташування автомобілів в колоні. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити інтегральний критерій оцінки динамічних властивостей автомобілів в колоні;
- розробити методику розміщення автомобілів в колоні по запропонованому інтегральному критерію.

Виклад основного матеріалу. Розробка інтегрального критерію оцінки динамічних властивостей в колоні. Для отримання параметра, який характеризує динамічні властивості сукупності автомобілів, які рухаються за автомобілем-лідером, визначене математичне очікування і середньоквадратичне відхилення індексів динамічності при різних швидкостях руху по формулам

$$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} q_i}{n-1} \tag{1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(q_i - q_{cp}\right)^2}{n-1}} \tag{2}$$

©М.А.Подригало, Д.В.Абрамов А.І.Нікорчук

Побудовані графіки залежності математичного очікування $q_{ср}$ і середньоквадратичне відхилення σ індексів динамічності автомобілів, які входять в колонну з різними автомобілями-лідерами від швидкості руху (рис. 1-3). На вказаних графіках чітко простежується локальний пік $q_{ср}$ в районі 45 – 50 км/ч. Цей пік обумовлений конструкціями коробок передач автомобілів, які входять в умовну колону. В даному діапазоні швидкостей автомобілі можуть прискорюватися на пониженій 3-й передачі, що забезпечить відносно високе значення індексу динамічності.

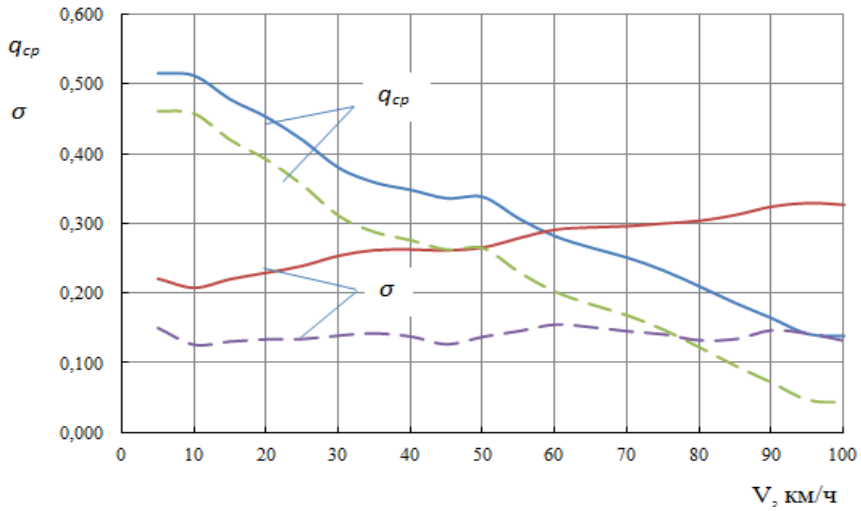


Рис. 1. **Графіки залежності математичного очікування $q_{ср}$ і середньоквадратичного відхилення σ індексів динамічності від швидкості автомобілів в колоні з лідером Toyota Land Cruiser**

———— з урахуванням автомобіля – лідера;

– – – – – без урахування автомобіля – лідера

Таким чином, при русі колони в діапазоні швидкостей 45 – 50 км/ч, динамічні властивості автомобілів, які входять в колону, а значить и маневреність колони локально підвищується.

Як було зазначено раніше, однозначно розставити автомобілі в колоні по індексу динамічності складно. Для цього пропонується при шикуванні колони використовувати інтегральний відносний показник динамічних властивостей автомобіля в колоні (інтегральний відносний індекс динамічності), який визначається як відношення площі під графіком залежності індексу динамічності автомобіля від швидкості руху на інтервалі між мінімальною і максимальною швидкостями руху колони до різниці цих швидкостей.

$$Q_i = \frac{\int_{V_{a\min}}^{V_{a\max}} q_i \cdot dV}{V_{a\max} - V_{a\min}} \qquad (3)$$

де V_{amin}, V_{amax} – відповідно мінімальна і максимальна швидкості руху автомобілів в колоні (границі діапазону зміни швидкості руху колони). У випадку, коли мінімальна швидкість руху автомобілів в колоні приймається рівною нулю, то формула (3) прийме вигляд

$$Q_i = \frac{\int_{0}^{V_{a\max}} q_i \cdot dV}{V_{a\max}}, \qquad (4)$$

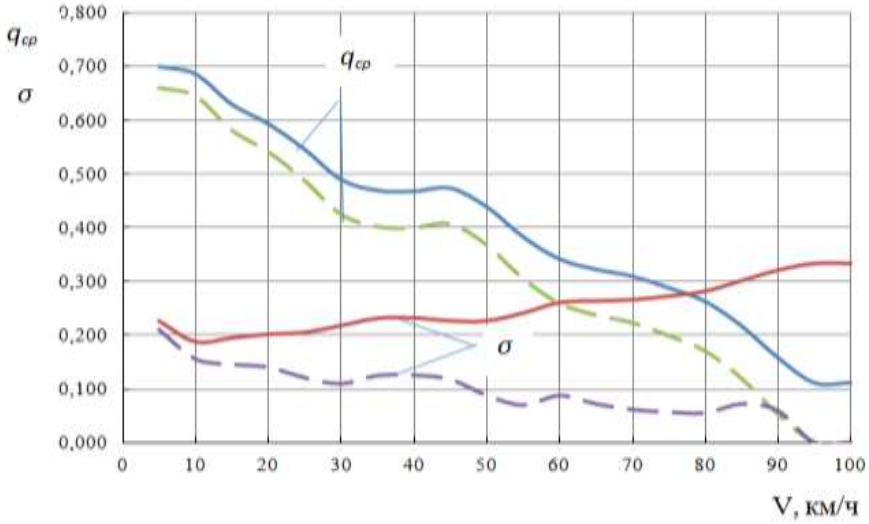


Рис. 2. **Графіки залежності математичного очікування $q_{ср}$ і середньоквадратичного відхилення σ індексів динамічності від швидкості автомобілів в колоні з лідером ВАЗ-212302 Шевроле-Нива**

з урахуванням автомобіля – лідера;

без урахування автомобіля – лідера

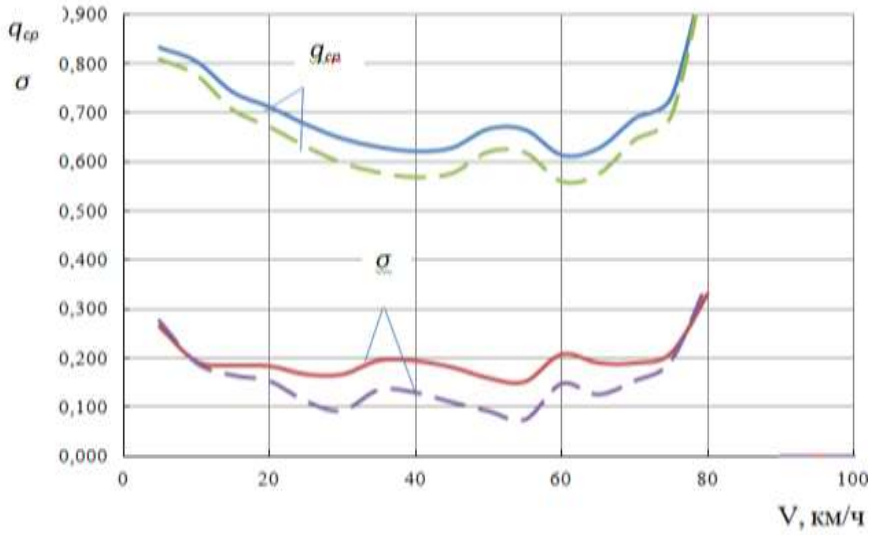


Рис. 3. **Графіки залежності математичного очікування $q_{ср}$ і середньоквадратичного відхилення σ індексів динамічності від швидкості автомобілів в колоні з лідером УАЗ-3303**

з урахуванням автомобіля – лідера;

без урахування автомобіля – лідера

Розробка методики розміщення автомобілів в колоні по інтегральному критерію. В таблиці 1 представлені дані, а на рисунку 4 – графіки зміни інтегрального відносного індексу динамічності автомобілів Q при різній максимальній швидкості руху на маршруті, отримані з використанням виразу (3).

Автомобілі в колоні необхідно розміщувати за автомобілем-лідером в порядку збільшення величини інтегрального відносного індексу динамічності. Тоді автомобілі з меншими динамічними властивостями будуть розташовуватись в голові колони, а автомобілі з кращими динамічними властивостями будуть розташовуватись в хвості колони, що знизить вірогідність її розтягування. В свою чергу це збільшить маневреність автомобільної колони в цілому.

В якості параметра, який характеризує динамічні властивості колони в цілому, пропонується середній відносний показник динамічних властивостей автомобілів в колоні по

відношенню до лідера, який визначається по формулі

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{n-1}. \qquad (5)$$

Таблиця 1

Інтегральні відносні індекси динамічності Q автомобілів в колоні при різних інтервалах швидкостей руху

Інтервал швидкості руху автомобілів $V_{amin} - V_{amax}$, км/ч	Індекс динамічності, q_i									
	ВАЗ-212302 Шевроле-Нива	Toyota Land Cruiser	Богдан А-092	Богдан А-091	ПАЗ-3205	ПАЗ-32053-07	ГАЗ-3307	ГАЗ-66	ЗиЛ-5301	УАЗ-3303
5 – 20	0,67	1	0,42	0,25	0,45	0,40	0,42	0,52	0,27	0,53
5 – 30	0,66	1	0,38	0,24	0,40	0,35	0,37	0,47	0,26	0,50
5 – 40	0,65	1	0,35	0,22	0,36	0,31	0,33	0,42	0,23	0,47
5 – 50	0,63	1	0,32	0,21	0,33	0,29	0,30	0,39	0,22	0,45
5 – 60	0,63	1	0,30	0,20	0,30	0,27	0,27	0,35	0,21	0,42
5 – 70	0,621	1	0,28	0,19	0,28	0,24	0,24	0,32	0,19	0,36

При визначенні $Q_{ср}$ не треба враховувати інтегральний відносний індекс динамічності автомобіля-лідера, так як він завжди буде рівним одиниці (рис. 5). Чим більше $Q_{ср}$, тим ближче динамічні показники автомобілів, які входять в колонну, до динамічних показників автомобіля-лідера.

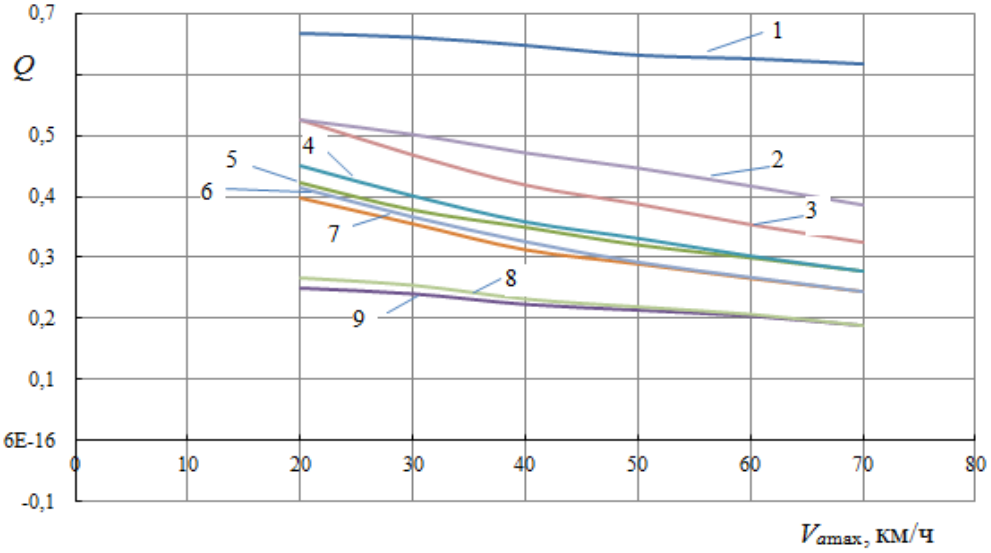


Рис. 4. **Графіки зміни інтегрального відносного індексу динамічності автомобілів при різній максимальній швидкості руху на маршруті автомобілів, які входять в колонну з лідером Toyota Land Cruiser (мінімальна швидкість руху автомобілів на маршруті V_{amin}=5км/ч).**
1 – ВАЗ-212302 Шевроле-Нива; 2 – УАЗ-3303; 3 – ГАЗ-66; 4 – ПАЗ-3205; 5 – Богдан А-092; 6 – ГАЗ-3307; 7 – ПАЗ-32053-07; 8 – ЗиЛ-5301; 9 – Богдан А-091

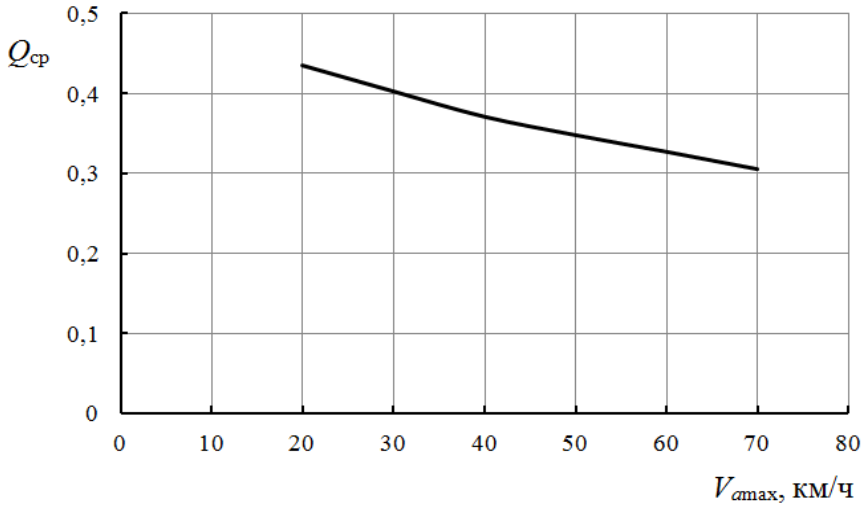


Рис. 5. **Графік залежності середнього інтегрального відносного індексу динамічності від максимальної швидкості руху на маршруті автомобілів, які входять в колонну з лідером Toyota Land Cruiser (мінімальна швидкість руху автомобілів на маршруті V_{amin}=5 км/ч).**

Висновки

1. Запропонований раніше критерій – індекс динамічності автомобіля, який входить в колонну, не дозволяє врахувати зміну динамічних властивостей машин при зміні швидкості руху колони. Це може привести до розтягування колони в русі при частій зміні швидкості.

2. Запропонований критерій – інтегральний відносний індекс динамічності дозволяє врахувати вплив змінного швидкісного режиму на раціональну розстановку автомобілів в колоні. На основі вказаного критерію запропонована методика розстановки машин, дозволяє підвищити маневреність автомобільних колон за рахунок запобігання їх розтягування.

1. Алекса Н.Н. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств в примерах и заданиях: Учеб. Пособ. / Н.Н. Алекса, В.Н. Алексеенко, А.Б. Гредескул. – К.: УМК ВО, 1990. – 100 с.
2. Подригало М.А. Маневреність та керованість автомобільних колон внутрішніх військ МВС України. Визначення понять та критерії оцінювання / М.А. Подригало, Р.О. Кайдалов, А.І. Нікорчук // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – 2012.– Вип. 2 (20). – С. 74 – 76.
3. Подригало М.А. Оценка технического уровня по показателям динамических свойств автомобилей / М.А. Подригало, Д.М. Клец, А.Н. Мостовая // Вісник Національного транспортного університету: науково-технічний збірник, 2012. – №25.– С. 226-233.
4. Подригало М.А. Раціональне шикування автомобільних колон внутрішніх військ за критерієм динамічності / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов, А.І. Нікорчук // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – 2013. – Вип. 2(22). – С. 61 – 67.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2014.

УДК 629.083

М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

НОВОЕ В ТЕОРИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ

Проведена теоретическая оценка возможности возникновения тягового, тормозного или свободного режима качения колеса, при одновременном действии крутящего и тормозного моментов. Уточнено распределение тормозных сил между осями полноприводной колесной машины при блокированном приводе передних и задних колес в процессе торможения.

Ключевые слова: *полноприводный автомобиль, режим качения колеса, торможение, распределение тормозных сил.*

Рис 3. Форм 49. Лит 11

Проведено теоретичну оцінку можливості виникнення тягового, тормозного або вільного режиму кочення колеса при одночасній дії крутного та гальмівного моментів. Уточнено розподіл гальмівних сил між осями повнопривідної колісної машині при заблокованому приводі передніх та задніх коліс в процесі гальмування.

Ключові слова: *повнопривідний автомобіль, режим кочення колеса, гальмування, розподіл гальмівних сил.*

Transmission use for transfer of the brake moments to driving wheels are widely used in designs of wheel self-propelled cars. By some self-propelled cars brake mechanisms are installed on wheels of only one axis and these brakes through transmission carry out braking of wheels of the second leading bridge.

The cars having the blocked drive of forward and back (back) leading bridges, also have a redistribution through transmission of the brake moments between wheels according to normal loading falling on them and coefficient of coupling with the road.

Brake moments transfer process of the through transmission is a kind of the process called by parasitic power. In this case the ratio of total tangent reactions on wheels of forward and back axes changes. In known researches the question of a wheel swing isn't considered at simultaneous action of the brake and twisting moments that is possible when braking the wheel car having through transmission rigid connection of lobbies and back wheels. The assessment of possibility of emergence of traction efforts on the wheels which are on the verge of blocking at braking that can worsen brake properties of wheel cars is interesting.

The received analytical expressions allow to specify distribution of brake forces between axes of the all-wheel drive wheel car at the blocked drive of lobbies and back wheels in the course of braking.

Keywords*: all-wheel drive car, wheel swing mode, braking, brake forces distribution.*

Постановка проблемы. При торможении колесных тракторов, имеющих тормозные механизмы на колесах одной оси (как правило, задней), используется блокировка привода передних и задних колес. Это позволяет повысить эффективность торможения машины без установки тормозных механизмов на колесах другой оси. При установке тормозных механизмов на все колеса, блокирование привода позволяет приблизить действительное распределение суммарных касательных реакций между колесами различных осей к идеальному, обеспечивающему курсовую устойчивость при торможении.

В настоящей статье рассмотрено движение колеса транспортно-тяговой машины (колесного трактора или автомобиля) при одновременном действии тормозного и крутящего моментов. Определены условия обеспечения тормозного, тягового или свободного режимов движения колеса. Определено, что при блокировании привода в процессе торможения полноприводной колесной машины на колесах, находящихся в худших по отношению к колесам второй оси условиях сцепления с дорогой, тяговый режим не возникает.

Анализ последних достижений и публикаций. Использование трансмиссии для передачи тормозных моментов к ведущим колесам широко используется [1] в конструкциях колесных тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Получили распространение так называемые центральные тормоза, установленные в трансмиссии. Кроме того, на некоторых тракторах тормозные механизмы устанавливаются на колесах только одной оси и эти тормоза через трансмиссию осуществляют торможение колес второго ведущего моста. В этом случае, с началом торможения происходит автоматическое подключение указанного (дополнительного) ведущего моста к остальной части трансмиссии.

У автомобилей, имеющих блокированный привод переднего и заднего (задних) ведущих мостов, также происходит перераспределение через трансмиссию тормозных моментов между

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

колесами в соответствии с приходящейся на них нормальной нагрузкой и коэффициентом сцепления с дорогой.

Хотя законодательно запрещено [2-4] устанавливать тормозные механизмы таким образом, чтобы между ними и тормозными колесами находились механические передачи, происходит нагружение трансмиссии крутящими моментами при торможении.

В известной литературе [5-7], посвященной динамике транспортно-тяговых колесных машин, не рассмотрен процесс торможения при жесткой связи между передними и задними колесами.

Процесс передачи тормозных моментов через трансмиссию является разновидностью процесса, названного в известной литературе [8] циркуляцией паразитной мощности. В этом случае изменяется соотношение суммарных касательных реакций на колесах передней и задней осей. В тяговом режиме движения ведущие колеса двигаются при действии толкающих сил и крутящих моментов. При равномерном движении такой режим качения колес назван «нейтральным» [8]. В работе [9] исследован процесс неравномерного движения жесткого колеса автомобиля при действии крутящего момента и толкающей силы (такой режим в работе [9] назван «вынужденным»). Определено, что в зависимости от соотношения величины крутящего момента на колесе и толкающей силы, направление касательной реакции в пятне контакта с дорогой может как совпадать с направлением движения (тяговый режим), так и быть ему противоположным (тормозной режим). В частном случае касательная реакция в пятне контакта колеса с дорогой может быть равна нулю. Такой режим качения колеса известен под названием «свободный» [8]. Однако в известных исследованиях не рассмотрен вопрос качения колеса при одновременном действии тормозного и крутящего моментов, что возможно при торможении колесной машины, имеющей через трансмиссию жесткое соединение передних и задних колес. Интересным является оценка возможности появления тяговых усилий на колесах, находящихся на грани блокирования при торможении, что может ухудшить тормозные свойства колесных машин.

Цель и постановка задач исследования. Целью исследования является улучшение тормозных свойств полноприводных колесных машин путем блокирования привода передних и задних ведущих колес в процессе торможения. Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

– исследовать процесс качения колеса при одновременном действии тормозного и крутящего моментов;

– определить касательные реакции дороги на колесах полноприводного автомобиля при торможении с блокированным приводом передних и задних колес;

– определить распределение тормозных сил между осями при блокированном приводе передних и задних колес машины.

Качение колеса при совместном действии тормозного и крутящего моментов. Касательная реакция дороги в этом случае определяется соотношением величины тормозного и крутящего моментов. Используя рис.1, составим уравнение динамики вращательного движения колеса

$$J_к^{пр} \cdot \dot{\omega}_k = R_x \cdot r_д - M_f - M_т + M_k, \qquad (1)$$

где $J_к^{пр}$ – приведенный к колесу момент инерции вращающихся масс трансмиссии, включая собственный момент инерции колеса;

$\dot{\omega}_k$ – угловые ускорения колеса;

R_x – касательная реакция дороги на колесо;

$r_д$ – динамический радиус колеса;

M_T; M_k – тормозной и крутящий моменты, приложенные к колесу;

M_f – момент сопротивления качению колеса.

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

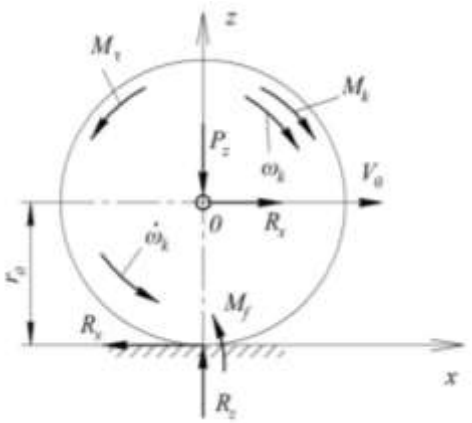


Рис. 1. **Схема сил, действующих на одиночное колесо при совместном действии тормозного и крутящего моментов**

Момент сопротивления качению колеса:

$$M_f = R_z \cdot f \cdot r_д, \tag{2}$$

где R_z – нормальная реакция дороги на колесо;

f – коэффициент сопротивления качению.

Из уравнения (1) с учетом (2) определим касательную реакцию дороги на колесе

$$R_x = \frac{J_к^{пр}}{r_д} \cdot \dot{\omega}_k - \frac{M_k}{r_д} + \frac{M_т}{r_д} + f \cdot R_z \tag{3}$$

Тормозной режим качения колеса будет обеспечен при $R_x > 0$ и $\dot{\omega}_k < 0$. Из уравнения (3) определим условие получения тормозного режима качения колеса

$$M_k < M_т + J_к^{пр} \cdot \dot{\omega}_k + R_z \cdot f \cdot r_д . \tag{4}$$

Движение в тяговом режиме будет обеспечено при $R_x < 0$ и $\dot{\omega}_k > 0$, т.е.

$$M_k > M_т + J_к^{пр} \cdot \dot{\omega}_k + R_z \cdot f \cdot r_д . \tag{5}$$

Движение в свободном режиме возникнет при $R_x = 0$ и $\dot{\omega}_k = 0$

$$M_k = M_т + R_z \cdot f \cdot r_д . \tag{6}$$

Торможение колесной машины при блокированном приводе передних и задних колес. При торможении и жесткой кинематической связи между передними и задними колесами машины колеса менее нагруженной оси догружаются крутящим моментом M_{k_2}, передаваемым со стороны колес более нагруженной оси (рисунок 2).

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

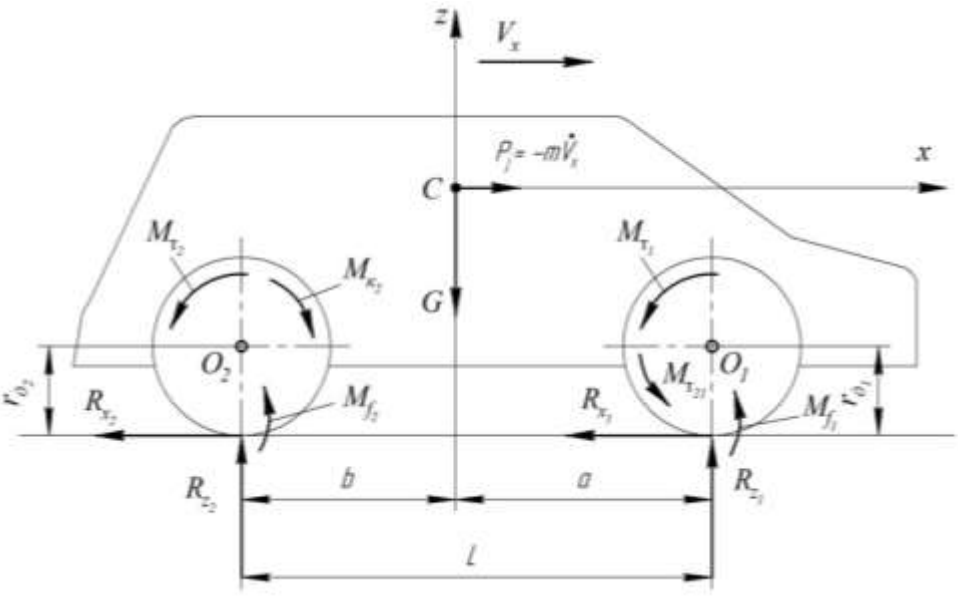


Рис. 2. **Схема сил и моментов, действующих на полноприводный автомобиль с блокированным межосевым приводом**

Предположим, что при разблокированном приводе передних и задних колес первыми доводятся до грани блокирования задние колеса (наиболее вероятный случай). При блокированном приводе указанных колес суммарные касательные реакции дороги на передних и задних колесах в процессе торможения будут равны

$$R_{x_1} = \frac{J_{K_1}^{np}}{r_{\partial_1}} \cdot \dot{\omega}_{k_1} + \frac{M_{T_{21}}}{r_{\partial_1}} + \frac{M_{T_1}}{r_{\partial_1}} + f \cdot R_{z_1}, \tag{7}$$

$$R_{x_2} = \frac{J_{K_2}^{np}}{r_{\partial_2}} \cdot \dot{\omega}_{k_2} + \frac{M_{T_2}}{r_{\partial_2}} - \frac{M_{K_2}}{r_{\partial_2}} + f \cdot R_{z_2}, \tag{8}$$

где $\dot{\omega}_{k_1}$; $\dot{\omega}_{k_2}$ – угловые ускорения передних и задних колес, соответственно;

$J_{K_1}^{np}$; $J_{K_2}^{np}$ – приведенные к передним и задним колесам моменты инерции трансмиссии;

r_{∂_1}; r_{∂_2} – динамические радиусы передних и задних колес;

R_{z_1}; R_{z_2} – суммарные нормальные реакции дороги, приходящиеся на передние и задние колеса;

M_{T_1}; M_{T_2} – суммарные тормозные моменты, создаваемые передними и задними тормозными механизмами;

M_{K_2} – крутящий момент подводимый к задним колесам через трансмиссию от передних колес, находящихся в лучших условиях сцепления с дорогой;

$M_{T_{21}}$ – дополнительный тормозной момент, подводимый через трансмиссию к передним колесам от задних колес, находящихся в худших условиях сцепления с дорогой.

Принимая, что у автомобиля на передних и задних колесах установлены шины одинакового радиуса и, допуская, что они абсолютно жесткие, получим

$$r_{\partial_1} = r_{\partial_2} = r_{\partial}. \tag{9}$$

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

У колесных тракторов передние и задние колеса могут иметь различные диаметры; причем $r_{д_2} > r_{д_1}$. Очевидно, что

$$M_{к_2} = M_{т_{21}} \Big/ u_{2-1}, \tag{10}$$

где u_{2-1} – передаточное отношение от задних колес к передним.

Для полноприводных автомобилей $u_{2-1} = 1$. Для колесных тракторов при $r_{д_2} > r_{д_1}$

$$u_{2-1} = \frac{r_{д_1}}{r_{д_2}}. \tag{11}$$

При допущении, что трансмиссия колесной машины представляет собой абсолютно жесткое тело (при кручении), получим

$$\dot{\omega}_{k_2} = u_{2-1} \cdot \dot{\omega}_{k_1} = \frac{r_{д_1}}{r_{д_2}} \cdot \dot{\omega}_{k_1} \tag{12}$$

При $r_{д_2} = r_{д_1}$ получим

$$\dot{\omega}_{k_2} = \dot{\omega}_{k_1} = \dot{\omega}_k. \tag{13}$$

При разблокированном приводе передних и задних колес машины наиболее вероятным случаем является доведение до грани блокирования задних колес. Для этого случая, из уравнения (8) при $M_{к_2} = 0$, получим

$$R_{x_{2\max}} = \frac{J_{к_2}^{пр}}{r_{д_2}} \cdot \dot{\omega}_{k_2} + \frac{M_{т_2}}{r_{д_2}} + f \cdot R_{z_2} = \varphi_{x_{max}} \cdot R_{z_2}, \tag{14}$$

где $\varphi_{x_{max}}$ – максимальное значение продольного коэффициента сцепления.

При блокировании колеса $\dot{\omega}_{k_2} = 0;\ f = 0$ и уравнение (14) упростится

$$R_{x_{2\max}} = \frac{M_{т_{2\max}}}{r_{д_2}} = \varphi_{x_{max}} \cdot R_{z_2}. \tag{15}$$

При блокированном приводе ведущих колес суммарный тормозной момент на задних колесах равен

$$M_{т_2} = \frac{1-\beta_1}{\beta_1} \cdot M_{т_1}, \tag{16}$$

где β_1 – коэффициент распределения общего тормозного момента на переднюю ось машины,

$$\beta_1 = \frac{M_{т_1}}{M_{т_1} + M_{т_2}}. \tag{17}$$

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

Из уравнения (7) определим

$$M_{т_{21}} = R_{x_1} \cdot r_{д_1} - J_{к_1}^{пр} \cdot \dot{\omega}_{к_1} - M_{т_1} - f \cdot R_{z_1}. \qquad (18)$$

Величина $M_{т_{21}} = \left(M_{т_{21}}\right)_{\max}$ при

$$R_{x_1} = \varphi_{x_{пах}} \cdot R_{z_1} \qquad (19)$$

Подставляя (19) в (18), получим

$$\left(M_{т_{21}}\right)_{\max} = R_{z_1} \cdot \left(\varphi_{x_{пах}} - f\right) \cdot r_{д_1} - J_{к_1}^{пр} \cdot \dot{\omega}_{к_1} - M_{т_1}. \qquad (20)$$

Уравнение (8) с учетом (10), (11), (12) и (20) примет вид

$$R_{x_2} = \left(\frac{J_{к_2}^{пр}}{r_{д_2}^2} r_{д_1} + \frac{J_{к_1}^{пр}}{r_{д_1}}\right) \cdot \dot{\omega}_{к_1} + G \cdot f - R_{z_1} \cdot \varphi_{x_{пах}} + M_{т_1} \cdot \frac{\frac{1}{\beta_1} + \frac{r_{д_2}}{r_{д_1}} - 1}{r_{д_2}}. \qquad (21)$$

Учитывая, что

$$M_{т_1} = \beta_1 \cdot M_{т_\Sigma}, \qquad (22)$$

преобразуем (21) к виду

$$R_{x_2} = \left(\frac{J_{к_2}^{пр}}{r_{д_2}^2} r_{д_1} + \frac{J_{к_1}^{пр}}{r_{д_1}}\right) \cdot \dot{\omega}_{к_1} + G \cdot f - R_{z_1} \cdot \varphi_{x_{пах}} + M_{т_\Sigma} \cdot \frac{1 + \beta_1\left(\frac{r_{д_2}}{r_{д_1}} - 1\right)}{r_{д_2}}, \qquad (23)$$

где $M_{т_\Sigma}$ – суммарный тормозной момент на передних и задних колесах,

$$M_{т_\Sigma} = M_{т_1} + M_{т_2}. \qquad (24)$$

Суммарная касательная реакция R_{x_2} на задних колесах получает отрицательное значение в случае, если вектор силы реакции R_{x_2} получает направление в сторону движения машины (см. рис. 2). В этом случае, по условию $R_{x_2} < 0$ из (23) получим неравенство

$$\left(\frac{J_{к_2}^{пр}}{r_{д_2}^2} r_{д_1} + \frac{J_{к_1}^{пр}}{r_{д_1}}\right) \cdot \dot{\omega}_{к_1} + G \cdot f - R_{z_1} \cdot \varphi_{x_{пах}} + M_{т_\Sigma} \cdot \frac{1 + \beta_1\left(\frac{r_{д_2}}{r_{д_1}} - 1\right)}{r_{д_2}} < 0. \qquad (25)$$

Преобразуя неравенство (25), определим

$$M_{T_\Sigma} < \frac{-G\cdot f + R_{z_1}\cdot\varphi_{x_{nax}} - \dot{\omega}_{k_1}\cdot r_{\partial_1}\cdot\left(\frac{J_{\kappa_2}^{np}}{r_{\partial_2}^2}+\frac{J_{\kappa_1}^{np}}{r_{\partial_1}^2}\right)}{\left(1+\beta_1\left(\frac{r_{\partial_2}}{r_{\partial_1}}-1\right)\right)\Big/ r_{\partial_2}}. \quad (26)$$

Произведем почленное сложение левых и правых частей уравнений (7) и (8). В результате получим с учетом соотношений (10), (11)

$$R_{x_1}+R_{x_2} = \dot{\omega}_{k_1}\cdot r_{\partial_1}\left(\frac{J_{\kappa_1}^{np}}{r_{\partial_1}^2}+\frac{J_{\kappa_2}^{np}}{r_{\partial_2}^2}\right)\cdot + G\cdot f + \frac{M_{T_1}}{r_{\partial_1}}+\frac{M_{T_2}}{r_{\partial_2}}. \quad (27)$$

С учетом уравнений (17) и (24) определим

$$\frac{M_{T_1}}{r_{\partial_1}}+\frac{M_{T_2}}{r_{\partial_2}} = M_{T_\Sigma}\cdot\frac{1+\beta_1\left(\frac{r_{\partial_2}}{r_{\partial_1}}-1\right)}{r_{\partial_2}}. \quad (28)$$

Принимая условие, что задние колеса находятся на пределе буксования или буксуют, получим

$$R_{x_2} = \varphi_{x_{nax}}\cdot R_{z_2}. \quad (29)$$

При этом на передних колесах также реализуется предельная сила по сцеплению, т.е.

$$R_{x_1} = \varphi_{x_{nax}}\cdot R_{z_1}. \quad (30)$$

Подставляя (28), (29), (30) в уравнение (27), определим из последнего

$$M_{T_\Sigma} = \frac{G\left(\varphi_{x_{nax}} - f\right) - \dot{\omega}_{k_1}\cdot r_{\partial_1}\cdot\left(\frac{J_{\kappa_1}^{np}}{r_{\partial_1}^2}+\frac{J_{\kappa_2}^{np}}{r_{\partial_2}^2}\right)}{\left[1+\beta_1\left(\frac{r_{\partial_2}}{r_{\partial_1}}-1\right)\right]\Big/ r_{\partial_2}}. \quad (31)$$

Неравенство (26) после подстановки в его левую часть правой части (31) примет вид после преобразований

$$G\left(\varphi_{x_{nax}} - f\right) < G\left(\varphi_{x_{nax}} - f\right) - R_{z_2}\cdot\varphi_{x_{nax}}. \quad (32)$$

или

$$-R_{z_2}\cdot\varphi_{x_{nax}} > 0, \quad (33)$$

что противоречит физическому смыслу.

Таким образом, при торможении колесной машины и блокировании привода передних и задних колес режим движения колес одной из осей (находящейся в худших условиях по сцеплению) не может быть тяговым.

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

Определение распределения тормозных сил между осями при блокированном приводе передних и задних колес машины. Расчетная схема действия сил и моментов, действующих на полноприводный автомобиль с блокированным приводом (рис. 2), может быть модифицирована с учетом рекомендаций, приведенных в работе [11] (см. рис. 3)

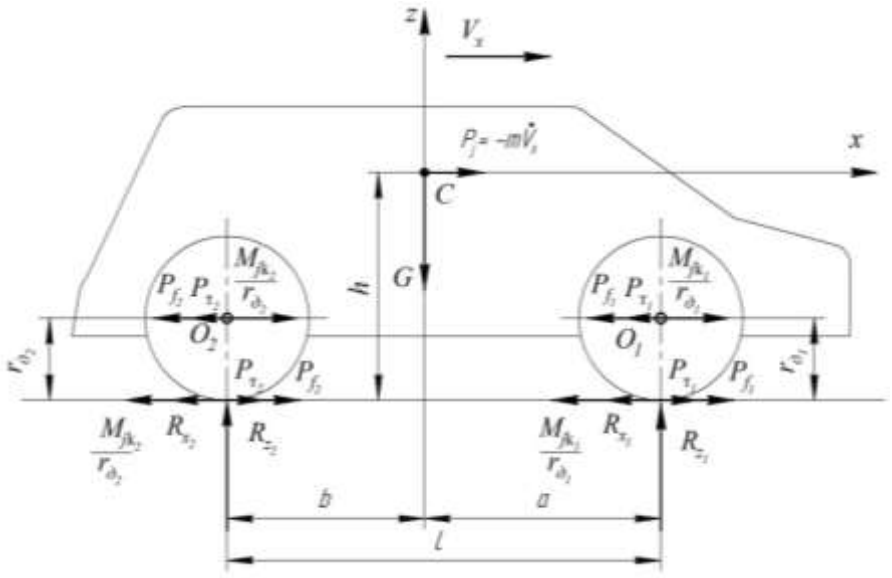


Рис. 3. **Приведение моментов сопротивления качению, тормозных и инерционных моментов к силам, приложенным на осях машины**

Распределение тормозных сил между осями определяется коэффициентом (долей) распределения общей тормозной силы на переднюю ось колесной (двухосной) машины

$$\beta_1 = \frac{P_{\text{т}_1}}{P_{\text{т}}} = \frac{P_{\text{т}_1}}{P_{\text{т}_1} + P_{\text{т}_2}}. \tag{34}$$

где $P_{\text{т}_1}$; $P_{\text{т}_2}$ – суммарные тормозные силы, создаваемые тормозными механизмами передних и задних колес машины, соответственно;

$P_{\text{т}}$ – общая тормозная сила колесной машины.

При поддержании всех колес на пределе блокирования (что возможно при жестком соединении передних и задних колес) справедливы соотношения

$$P_{\text{т}} = \left(\varphi_{x_{max}} - f\right) \cdot G \tag{35}$$

$$P_{\text{т}_1} = \left(\varphi_{x_{max}} - f\right) \cdot R_{z_1} \tag{36}$$

$$P_{\text{т}_2} = \left(\varphi_{x_{max}} - f\right) \cdot R_{z_2} \tag{37}$$

После подстановки (35) и (36) в (34) получим

$$\beta_1 = \frac{R_{z_1}}{G}. \tag{38}$$

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

Определим суммарную нормальную реакцию на передних колесах машины. Сумма моментов всех сил относительно центра масс *C* машины

$$R_{z_1}\cdot a - R_{z_2}\cdot b + \left(P_{т_2} + P_{f_2} - \frac{M_{jk_2}}{r_{\partial_2}}\right)\cdot\left(h - r_{\partial_2}\right) + \left(P_{т_1} + P_{f_1} - \frac{M_{jk_1}}{r_{\partial_1}}\right)\cdot\left(h - r_{\partial_1}\right) = 0 \quad (39)$$

Учитывая следующие соотношения:

$$R_{z_2} = G - R_{z_1}; \quad (40)$$

$$\frac{M_{jk_1}}{r_{\partial_1}} = \frac{J_{к_1}^{пр}}{r_{\partial_1}^2}\cdot j_x; \quad (41)$$

$$\frac{M_{jk_2}}{r_{\partial_2}} = \frac{J_{к_2}^{пр}}{r_{\partial_2}^2}\cdot j_x; \quad (42)$$

$$P_{f_1} = R_{z_1}\cdot f; \quad (43)$$

$$P_{f_2} = R_{z_2}\cdot f, \quad (44)$$

определим после преобразований

$$R_{z_1} = \frac{G\left(\frac{b}{L} + f\,\frac{h - r_{\partial_2}}{L}\right) + P_{т_1}\,\frac{h - r_{\partial_1}}{L} + P_{т_2}\,\frac{h - r_{\partial_2}}{L} - j_x\left(\frac{J_{к_1}^{пр}}{r_{\partial_1}^2}\cdot\frac{h - r_{\partial_1}}{L} + \frac{J_{к_2}^{пр}}{r_{\partial_2}^2}\cdot\frac{h - r_{\partial_2}}{L}\right)}{1 - f\cdot\frac{r_{\partial_2} - r_{\partial_1}}{L}}, \quad (45)$$

где j_x – замедление автомобиля.

Замедление автомобиля может быть определено как

$$j_x = \frac{G\left(\varphi_{x_{пах}} + f\right)}{m} = g\left(\varphi_{x_{пах}} + f\right), \quad (46)$$

где *m* – общая масса автомобиля.

Уравнение (45) с учетом (34), (36), (37) и (46) примет вид

$$R_{z_1} = G\,\frac{\frac{b}{L} + \varphi_{x_{пах}}\cdot\frac{h - r_{\partial_2}}{L} - \left(\varphi_{x_{пах}} + f\right)\cdot\left(\frac{J_{к_1}^{пр}}{m\cdot r_{\partial_1}^2}\cdot\frac{h - r_{\partial_1}}{L} + \frac{J_{к_2}^{пр}}{m\cdot r_{\partial_2}^2}\cdot\frac{h - r_{\partial_2}}{L}\right)}{1 - \varphi_{x_{пах}}\cdot\frac{r_{\partial_2} - r_{\partial_1}}{L}}, \quad (47)$$

Разделив левую и правую часть (47) на *G* (см. соотношение (38)), получим

$$\beta_1 = \frac{\frac{b}{L} + \varphi_{x_{max}} \cdot \frac{h - r_{\partial_2}}{L} - \left(\varphi_{x_{max}} + f\right) \cdot \left(\frac{J_{\kappa_1}^{np}}{m \cdot r_{\partial_1}^2} \cdot \frac{h - r_{\partial_1}}{L} + \frac{J_{\kappa_2}^{np}}{m \cdot r_{\partial_2}^2} \cdot \frac{h - r_{\partial_2}}{L} \right)}{1 - \varphi_{x_{max}} \cdot \frac{r_{\partial_2} - r_{\partial_1}}{L}}. \qquad (48)$$

Выражение (48) характеризует распределение тормозных сил между осями колесной машины при блокировании привода передних и задних колес. Если принять $r_{\partial_1} = r_{\partial_2} = r_{\partial}$, то выражение (48) примет вид

$$\beta_1 = \frac{b}{L} + \varphi_{x_{max}} \cdot \frac{h - r_{\partial}}{L} - \left(\varphi_{x_{max}} + f\right) \cdot \frac{h - r_{\partial}}{m \cdot r_{\partial}^2 \cdot L} \left(J_{\kappa_1}^{np} + J_{\kappa_2}^{np}\right). \qquad (49)$$

Выводы

1. В результате проведенного исследования определены условия, при которых качение колеса будет происходить в тяговом, тормозном или свободном режиме при одновременном действии крутящего и тормозного моментов.
2. При блокировании привода передних и задних ведущих колес полноприводной машины не происходит в процессе торможения качения в тяговом режиме колес оси, находящихся в худших условиях сцепления.
3. Полученные аналитические выражения позволяют уточнить распределение тормозных сил между осями полноприводной колесной машины при блокированном приводе передних и задних колес в процессе торможения.

1. Тенденции развития объемного гидропривода переднего ведущего моста тракторов и самоходных сельхозмашин. Обзорная информация / [К.И. Городецкий, Э.Б. Жарикова, И.С. Воронин, А.Б. Халецкий, Ю.Б. Рахлевский]. – М.: ЦНИИТЭИ Тракторосельхозмаш. – Вып. 5, 1980. – 34 с.
2. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій M, N і O стосовно гальмування (Правила ЕЭК ООН № 13-07,08: 1996, УДТ): ДСТУ UN/ECE R 13-07,08 2002 – [Чинний від 2002-07-24]. – К: Держпожистандарт України, 2002. – 180с. – (Національний стандарт України).
3. Засобі транспортні сільськогосподарські та лісогосподарські. Визначення гальмівних характеристик (ISO 5697:1982, IDT): ДСТУ ISO 5697: 2005 – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держпоживстандарт України, 2007. – 19с. – (Національний стандарт України).
4. Вимоги до технічного стану тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо – будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів. Наказ Міністерства аграрної політики України 06.05.2009 №316. Зарєстровано в Міністерстві юстиції України 2009.05.26. за №462/16478.
5. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / [Д.А. Антонов]. – М.: Машиностроение, 1978. – 216с.
6. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / [Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, В.А. Карпенко и др.]; под ред. А.Н. Туренко. – Х.: Изд-во ХГАДТУ (ХАДИ), 2001. – 642 с.
7. Тормозные свойства и тормозные механизмы колесных тракторов / [М.А. Подригало, В.П. Волков, В.А. Павленко, Я.А. Бобров, Д.В. Абрамов]; под ред. М.А. Подригало. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 507 с.
8. Чудаков Е.А. Циркуляция паразитной мощности в механизмах бездифференциального автомобиля / Е.А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1950. – 79 с.
9. Подригало М.А. Движение жесткого автомобильного колеса при действии крутящего момента и толкающей силы / М.А. Подригало, Н.Н. Потапов // Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2011. – Вып. 28. – с. 14-17.
10. Подригало М.А. Влияние тормозных моментов на величину динамических вертикальных реакций дороги на осях автомобиля / М.А. Подригало, В.И. Назаров // Автомобильная промышленность, 2011. – №8. – с. 23-25.
11. Подригало М.А. Качение автомобильного колеса и определения понятия «тяговая сила» / М.А. Подригало // Автомобильная промышленность, 2007. – №1. – с. 25-26.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014.

©М.А.Подригало, Д.М.Клец, Н.Н.Потапов, М.П.Холодов

УДК 621.436

А.П.Поляков, Д.О.Галущак
Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ АВТОМОБІЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ ЙОГО ДВИГУНА НА РОБОТУ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ

Використання альтернативних палив в якості палива для двигунів автомобілів є досить актуальним питанням в теперішній час. Для дизельних двигунів альтернативним є біодизельне паливо. Дана стаття присвячена дослідженню впливу на показники автомобіля переведення його двигуна на роботу на біодизельному паливі.

Ключові слова: *біодизельне паливо, математична модель, суміш, динамічне корегування відсоткового складу, технічні показники автомобіля.*

Рис 1. Форм 37. Літ 10

А.П.Поляков, Д.А.Галущак

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЯ ПЕРЕВОДА ЕГО ДВИГАТЕЛЯ НА РАБОТУ НА БИОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

Использование альтернативных топлив в качестве топлива для двигателей автомобилей является весьма актуальным вопросом в настоящее время. Для дизельных двигателей альтернативным является биодизельное топливо. Данная статья посвящена исследованию влияния на показатели автомобиля перевода его двигателя на работу на биодизельном топливе.

Ключевые слова: *биодизельное топливо, математическая модель, смесь, динамическая корректировка процентного состава, технические показатели автомобиля.*

A.Polyakov, D.Galushchak

EXAMINING THE IMPACT BIODIESEL ON THE PERFORMANCE OF THE CAR

The usage of alternative fuels as fuel for car engines is very relevant question at this time. For diesel alternative is biodiesel. The usage of pure biodiesel can lead to poor engine reliability and performance degradation of the vehicle.

The way to solve the problems associated with the deterioration of the reliability of the engine and vehicle performance testing is to use a mixture of biodiesel and diesel fuels as fuel for the engine. Using fuel mixture will reduce the negative impact on the reliability of the elements of the engine and the technical performance of the car and improve environmental performance.

Since cars are operated at varying conditions (technical category of roads, vehicle load , etc.) should be used dynamically adjusting the percentage composition of the mixture of biodiesel and diesel fuel while driving . This would allow an increase in the load on the vehicle to reduce the content of biodiesel in the blend and contrast that would provide the maximum benefit from the use of biodiesel.

This paper presents a mathematical model of "Car with diesel engine - road - environment", with which you can conduct research on the impact of a car transferring its engine to work on biodiesel. The results of the timing of dispersal KrAZ- 256B1 from the point of shifting from the first to the top and exit at maximum speed using diesel fuel and blends of biodiesel and diesel fuel with dynamic adjustment percentage composition of the mixture.

Keywords: *biodiesel, mathematical model, mixture, dynamic adjustment percent structure, technical parameters of the car.*

Автомобільний транспорт є однією з важливих галузей господарства, який забезпечує виробництво продукції промисловості й сільського господарства та її транспортування, задовольняє потреби населення в перевезеннях, тощо.

Для підвищення ефективності функціонування автомобільного транспорту необхідно максимально знизити витрати на перевезення. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання альтернативних видів палива, які є дешевшими за традиційні нафтові палива, екологічно чистими та поновлюваними. На даний час для автомобілів з дизельними двигунами альтернативним є біодизельне паливо.

Біодизельне паливо має дещо відмінні від дизельного палива фізико-хімічні властивості, такі як: висока кінематична в’язкість; висока температура випаровування та низька середня теплота згорання. За рахунок цієї різниці властивостей погіршуються робочі процеси двигуна, що в свою чергу призводить до зменшення його потужності та крутного моменту і збільшення витрати палива. Також існують деякі питання щодо використання біодизельного палива, такі як: погіршення надійності елементів двигуна та технічних показників автомобіля [9].

Одним із способів вирішення проблем, пов'язаних з погіршенням надійності елементів двигуна та технічних показників автомобіля є використання суміші біодизельного та дизельного палив в якості палива для двигуна [10]. Використання паливної суміші дозволить

©А.П.Поляков, Д.О.Галущак

зменшити негативний вплив на надійність елементів двигуна та на технічні показники автомобіля, а також покращити екологічні показники [1].

Як відомо доля роботи двигуна автомобіля на часткових навантаженнях та на холостому ходу в реальних умовах експлуатації становить близько 85% [2]. Тобто частка використання повної потужності двигуна в середньому є досить невеликою (15%). Тому незначне падіння потужності та крутного моменту дизельного двигуна при використанні суміші біодизельного та дизельного палив в якості палива для двигуна не являється вагомою завадою для використання біодизельного палива.

При різному відсотковому складі суміші біодизельного та дизельного палив характеристики двигуна, а відповідно і технічні показники автомобіля будуть різними. Оскільки автомобілі експлуатуються при змінних умовах (технічна категорія доріг, завантаження автомобіля, тощо) доцільно було б використовувати динамічне корегування відсоткового складу суміші біодизельного та дизельного палив під час руху автомобіля. Це дозволило б при збільшенні навантаження на автомобіль зменшувати вміст біодизельного палива в суміші та навпаки, що забезпечило б збереження технічних показників автомобіля та максимальний ефект від використання біодизельного палива.

Враховуючи вищезазначені особливості використання біодизельного палива в якості палива для двигунів автомобілів виникає потреба в дослідженні впливу на показники автомобіля переведення його двигуна на роботу на біодизельному паливі. Для проведення дослідження було розроблено математичну модель системи «Автомобіль з дизельним двигуном - дорога - навколишнє середовище» (АДНС).

За допомогою математичної моделі можуть виконуватися такі розрахунково-теоретичні дослідження:

1. Визначення техніко-економічних та екологічних показників автомобіля при його русі в різних умовах руху: розгін з місця з перемиканням передач, рух за магістральним та міським циклами.
2. Визначення техніко-економічних та екологічних показників автомобіля при використанні в якості палива для двигуна сумішей з різним відсотковим складом біодизельного і дизельного палива.
3. Визначення техніко-економічних та екологічних показників автомобіля при його русі в різних умовах та при різних навантаженнях із динамічним корегуванням відсоткового складу суміші біодизельного і дизельного палива.

Математичні моделі систем «Водій - автомобіль - дорога» використовували у своїх роботах доктор технічних наук Гутаревич Ю.Ф. та інші дослідники [4-7]. Об'єктами дослідження в цих роботах було прийнято автомобілі та інші транспортні засоби з дизельними та бензиновими двигунами.

В математичній моделі системи АДНС для дослідження впливу на показники автомобіля переведення його двигуна на роботу на біодизельному паливі розглядається автомобіль з дизельним двигуном, який працює на суміші біодизельного та дизельного палив. Під час руху автомобіля відсотковий склад суміші змінюється в залежності від зовнішнього навантаження на автомобіль.

В систему «Автомобіль з дизельним двигуном - дорога - навколишнє середовище» входить 3 підсистеми:

1. Дорога, що характеризується коефіцієнтом опору кочення коліс та кутом повздовжнього нахилу дороги.
2. Навколишнє середовище, що представлене тиском, температурою та коефіцієнтом опору повітря.
3. Автомобіль, в який входять силова установка, трансмісія та кузов з колесами.

Водій в математичній моделі системи АДНС представлений у вигляді алгоритму управління автомобілем, за допомогою якою керується подача палива в дизельний двигун, з певною швидкістю вимикається і вмикається зчеплення, перемикається передача та здійснюється гальмування.

Водій не розглядається в математичній моделі, оскільки кожна людина має різні фізіологічні особливості та психоемоційний стан, що може здійснювати вплив на результати досліджень при повторі експерименту. Якщо не враховувати ці параметри, а замінити водія на алгоритм управління автомобілем, точність при проведенні досліджень буде вищою.

Функціональна схема системи «Автомобіль з дизельним двигуном - дорога - навколишнє середовище» представлена на рис. 1.

На трансмісію та кузов з колесами, як підсистему другого рівня здійснюють вплив різні показники, такі як: номер передачі в коробці передач; кут повороту педалі ввімкнення зчеплення; кут повороту педалі гальма; коефіцієнт опору кочення коліс; кут повздовжнього нахилу дороги; коефіцієнт опору повітря. Вихідною характеристикою підсистеми «Трансмісія та кузов з колесами» є момент зовнішнього навантаження $M_{нав}$.

В залежності від величини моменту зовнішнього навантаження підсистеми «Трансмісія та кузов з колесами» та кута повороту педалі подачі палива аналізатор визначає відсотковий склад суміші біодизельного та дизельного палив, що в подальшому подається в дизельний двигун автомобіля.

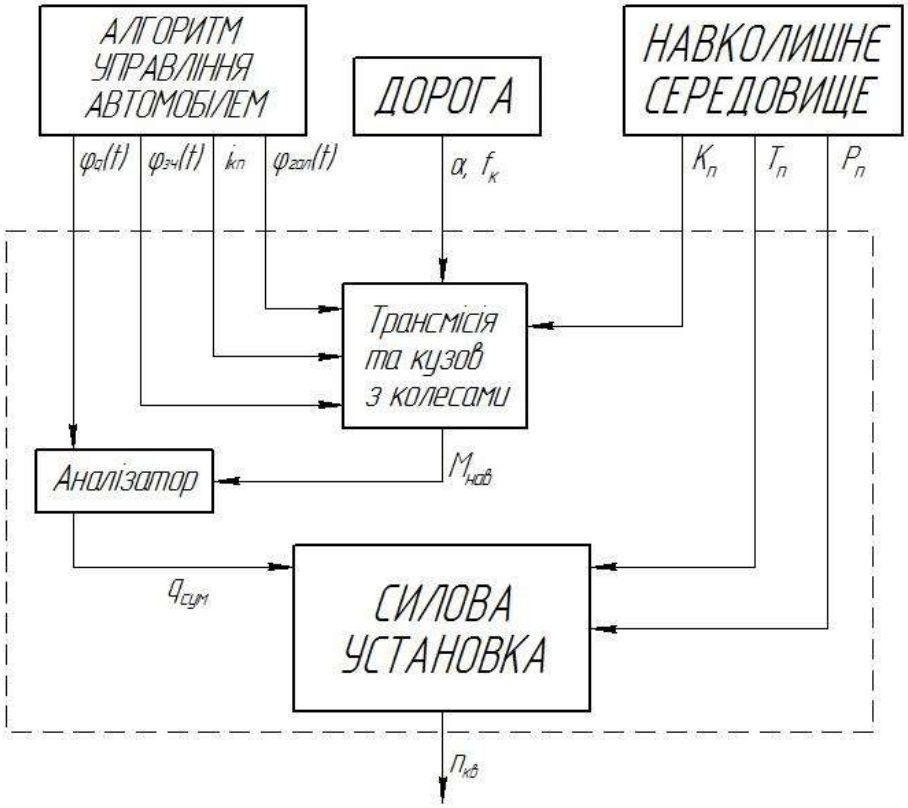


Рис. 1. **Функціональна схема системи «Автомобіль з дизельним двигуном - дорога - навколишнє середовище»**

В основу математичної моделі системи АДНС було покладено рівняння руху автомобіля [8], яке має наступний вигляд:

$$F_к = F_f + F_w \pm F_j \pm F_a, \tag{1}$$

де *Fк* - сила тяги на ведучих колесах автомобіля; F_f - сила опору кочення коліс; F_w - сила опору повітря; F_j - сила інерції автомобіля; F_α - сила опору підйому.

Для зручності розрахунків представимо рівняння руху автомобіля у вигляді суми моментів сил, що діють на колеса. Для цього рівняння руху необхідно перемножити на радіус коліс.

$$M_{ек} = M_f + M_w \pm M_j \pm M_\alpha, \tag{2}$$

де $M_{ек}$ - ефективний крутний момент двигуна, приведений до ведучих коліс автомобіля; M_f - момент сили опору кочення коліс; M_w - момент сили опору повітря; M_j - момент сили інерції автомобіля; M_α - момент сили опору підйому.

Ефективний крутний момент двигуна, приведений до ведучих коліс автомобіля визначається:

$$M_{ек} = M_e \cdot i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{тр}, \quad (3)$$

де i_1, i_0, i_p - передаточне число першої передачі, головної передачі та роздавальної передачі відповідно; $\eta_{тр}$ - к.к.д. трансмісії.

Моменти сили опору дороги:

$$M_f + M_\alpha = G_a \cdot (f \cdot cos\alpha + sin\alpha) \cdot r_к, \quad (4)$$

де G_a - вага автомобіля, Н; f - коефіцієнт опору кочення; α - кут повздовжнього нахилу дороги, град; $r_к$ - динамічний радіус колеса, м.

Момент сили опору повітря:

$$M_w = F_w \cdot k_w \cdot V^2 \cdot r_к, \quad (5)$$

де F_w - лобова площа автомобіля, м^2; k_w - коефіцієнт опору повітря, кг/м^3; V - швидкість руху автомобіля, м/с.

Момент сили інерції автомобіля:

$$M_j = m_a \cdot \delta_{об} \cdot j \cdot r_к, \quad (6)$$

де m_a - маса автомобіля, кг; $\delta_{об}$ - коефіцієнт урахування впливу інерції обертових мас автомобіля; j - прискорення автомобіля, м/с^2.

$$M_e \cdot i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{тр} = G_a \cdot (f \cdot cos\alpha + sin\alpha) \cdot r_к + F_w \cdot k_w \cdot V^2 \cdot r_к + m_a \cdot \delta_{об} \cdot j \cdot r_к, \quad (7)$$

Необхідний крутний момент двигуна для подолання опору руху автомобіля визначається:

$$M_e = \frac{G_a \cdot (f \cdot cos\alpha + sin\alpha) \cdot r_к + F_w \cdot k_w \cdot V^2 \cdot r_к + m_a \cdot \delta_{об} \cdot j \cdot r_к}{i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{тр}}, \quad (8)$$

Вхідними даними для математичної моделі розгону автомобіля, що використовує в якості палива для двигуна суміш дизельного та біодизельного палив є індикаторний крутний момент двигуна M_i.

Індикаторний крутний момент двигуна M_i залежить від циклової подачі суміші палив $q_ц$, частоти обертів колінчастого валу $n_{кв}$ та процентного співвідношення біодизельного та дизельного палива в суміші *Б%.*

$$M_i = f(q_ц, n_{кв}, Б\%). \quad (9)$$

Тоді, ефективний крутний момент двигуна буде рівний:

$$M_e = M_i - M_m, \quad (10)$$

де M_m - момент механічних втрат, Н·м.

Залежності M_i ($q_ц$, $n_{кв}$, *Б*%) і M_m ($n_{кв}$) визначаються експериментальним шляхом, а потім апроксимуються. Загальний вигляд цих залежностей представлено поліномами:

$$M_i = a_1 + a_2 \cdot q_ц + a_3 \cdot n_{кв} + a_4 \cdot q_ц^2 + a_5 \cdot n_{кв}^2 + a_6 \cdot q_ц \cdot n_{кв}, \quad (11)$$

$$M_m = b_1 + b_2 \cdot n_{кв} + b_3 \cdot n_{кв}^2, \quad (12)$$

де a_1, a_2...a_6, b_1, b_2, b_3 - постійні коефіцієнти апроксимації.

Також експериментально визначаються екологічні показники автомобіля та циклова подача палива в двигун. Годинний викид сажі визначається за виразом [3]:

$$G_C = 0,0001 \cdot K^2 \cdot (1 - 0,9758 \cdot G_{пал}) \cdot \frac{G_{пов}}{\rho_{пов}}, \quad (13)$$

де K - димність відпрацьованих газів; $G_{пал}$, $G_{пов}$ - годинні витрати палива та повітря відповідно.

Циклова подача палива визначається за формулою:

$$q_ц = b_1 + b_2 \cdot n_{кв} + b_3 \cdot \varphi_q + b_4 \cdot n_{кв}^2 + b_5 \cdot \varphi_q^2 + b_6 \cdot n_{кв} \cdot \varphi_q, \quad (14)$$

Годинна витрата палива визначається за формулою:

$$G_{пал} = \frac{1}{2} \cdot n_{кв} \cdot i_ц \cdot q_ц, \quad (15)$$

де $i_ц$ - кількість циліндрів.

Сумарна витрата палива за певний проміжок часу:

$$G_{пал.сум} = \sum_{i=1}^{n} \frac{G_{пал(i-1)} + G_{пал.i}}{2 \cdot 3600} \cdot \Delta t, \quad (16)$$

де $\frac{G_{пал(i-1)} + G_{пал.i}}{2 \cdot 3600}$ - середнє значення годинної витрати палива за елементарний відрізок часу Δt; Δt - крок інтегрування.

Сумарний викид сажі за певний проміжок часу:

$$G_{C.сум} = \sum_{i=1}^{n} \frac{G_{C(i-1)} + G_{C.i}}{2 \cdot 3600} \cdot \Delta t, \quad (17)$$

де $\frac{G_{C(i-1)} + G_{C.i}}{2 \cdot 3600}$ - середнє значення годинного викиду сажі за елементарний відрізок часу Δt.

Ефективна потужність двигуна визначається за формулою:

$$N_e = \frac{M_e \cdot n_e}{9550}. \quad (18)$$

Зупинимось на особливостях розрахунку найбільш складного виду розгону автомобіля, а саме розгін з місця з перемиканням передач від першої до вищої та виходом на максимальну швидкість.

Процес розгону автомобіля з місця складається з двох періодів [7]:

1. Рушання автомобіля з буксуючим зчепленням, що супроводжується зростанням частоти обертання веденої частини зчеплення та швидкості руху автомобіля. Цей період завершується при зрівнянні частоти обертання колінчастого валу двигуна та зчеплення.

2. Розгін автомобіля при блокованому зчепленні.

Для рушання автомобіля з місця йому необхідно подолати сили опору руху, що виникають в цей момент, тобто крутний момент, що передається через зчеплення від двигуна повинен бути більшим за момент сил опору руху, приведений до первинного валу коробки передач.

Оскільки під час розгону автомобіля з місця до повного ввімкнення зчеплення його швидкість відносно мала, то при розрахунку моменту сил опору руху автомобіля $M_{оп}$ в цьому проміжку часу можна знехтувати силою опору повітря. Тоді, момент опору руху автомобіля при рушанні визначається за формулою:

$$M_{оп.руш} = \frac{G_a \cdot (f \cdot cos\alpha + sin\alpha) \cdot r_к + m_a \cdot \delta_{об} \cdot j \cdot r_к}{i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{тр}}. \quad (19)$$

Швидкість, яку досягне автомобіль при повному ввімкнені зчеплення можна визначити за наступною формулою:

$$V_{\min 1} = 0{,}105 \frac{r_к \cdot n_{зч}}{i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}. \quad (20)$$

де $n_{зч}$ - частота обертів колінчастого валу двигуна у момент повного ввімкнення зчеплення.

Прискорення автомобіля під час рушання при буксуючому зчепленні визначається за формулою:

$$j_{руш} = \frac{M_{зч} \cdot i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{тр} - G_a \cdot (f \cdot cos\alpha + sin\alpha) \cdot r_к}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_к}. \quad (21)$$

Час рушання автомобіля при буксуючому зчепленні визначається за формулою:

$$\Delta t_{руш} = \frac{V_{\min 1}}{j_{руш}}. \quad (22)$$

Шлях, який пройде автомобіль під час рушання при буксуючому зчепленні визначається за формулою:

$$\Delta S_{руш} = \frac{V_{\min 1}}{2} \cdot \Delta t_{руш}. \quad (23)$$

Швидкість автомобіля, що відповідає частоті обертання колінчастого валу n_{max} визначається:

$$V_{\max 1} = 0{,}105 \frac{r_к \cdot n_{\max}}{i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}. \quad (24)$$

Динамічні фактори автомобіля на швидкостях V_{min} та V_{max}:

$$D_{\min} = 10^3 \frac{N_к - N_w}{G_a \cdot V_{\min}}, \quad (25)$$

$$D_{\max} = 10^3 \frac{N_к - N_w}{G_a \cdot V_{\max}}, \quad (26)$$

де $N_к$ - потужність на ведучих колесах, кВт; N_w - потужність, необхідна для подолання опору повітря, кВт.

З формули динамічного балансу [8]

$$D = \psi + \delta_{об} \frac{j}{g}, \quad (27)$$

визначимо прискорення автомобіля під час розгону при використанні максимальної потужності двигуна і відсутності пробуксовки ведучих коліс:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{об}} g, \tag{28}$$

де $\psi = f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha$ - коефіцієнт дорожнього опору; $\delta_{об}$ - коефіцієнт урахування впливу інерції обертових мас автомобіля.

Час розгону на першій передачі від швидкості $V_{\min 1}$ до $V_{\max 1}$ визначається за формулою:

$$\Delta t_1 = 2\frac{V_{\max 1} - V_{\min 1}}{j_{\max 1} + j_{\min 1}}, \tag{29}$$

де $j_{\min 1}$, $j_{\max 1}$ - значення прискорень автомобіля, що відповідають початку і кінцю інтервалу розгону автомобіля на 1 передачі.

При досягненні максимальних обертів двигуна на першій передачі, водій призупиняє подачу палива, вимикає зчеплення та перемикає передачу з першої на другу. Після ввімкнення зчеплення розгін автомобіля продовжується на другій передачі. Процес перемикання передачі відбувається за певний проміжок часу $t_{пер}$.

За цей проміжок часу швидкість автомобіля зменшується, оскільки зчеплення вимкнене, а на автомобіль діють сили опору кочення коліс та опору повітря.

Тому падіння швидкості автомобіля під час перемикання передачі визначається за формулою:

$$\Delta V_{1:2} = \frac{F_к + F_n}{m_a} \cdot \Delta t_{пер}. \tag{30}$$

де $t_{1:2}$ - час перемикання з 1-ої передачі на 2-гу; $F_к$ - сила опору кочення коліс, Н; F_n - сила опору повітря, Н; m_a - маса автомобіля, кг.

Тоді, початкова швидкість автомобіля на другій передачі буде дорівнювати:

$$V_{\min 2} = V_{\max 2} - \Delta V_{1:2}. \tag{31}$$

При такій швидкості та включеній другій передачі частота обертів двигуна буде рівною:

$$n_{\min 2} = \frac{V_{\min 2} \cdot i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}{0{,}105 \cdot r_к}. \tag{32}$$

Час розгону на другій передачі до швидкості $V_{\max 2}$ визначається за формулою:

$$\Delta t_2 = 2\frac{V_{\max 2} - V_{\min 2}}{j_{\max 2} + j_{\min 2}}, \tag{33}$$

Розрахунок розгону автомобіля на вищих передачах проводиться аналогічно.

Тоді, загальний час розгону автомобіля до максимальної швидкості на вищій передачі рівний:

$$t = \Delta t_{руш} + \Delta t_1 + t_{пер} + \Delta t_2 + t_{пер} ... + \Delta t_{n-1} + t_{пер} + \Delta t_n, \tag{34}$$

де n - кількість передач.

Шлях розгону на першій передачі від швидкості $V_{\min}$ до $V_{\max}$ визнається за формулою:

$$\Delta S_1 = 0{,}5(V_{\max 1} + V_{\min 1}) \cdot \Delta t_1. \tag{35}$$

Шлях, який проїжджає автомобіль під час перемикання передачі при вимкненому зчепленні визначається за формулою:

$$S_{1:2} = 0,5\left(V_{\max 1} + V_{\min 2}\right)t_{пер}. \quad (36)$$

Загальний шлях розгону автомобіля до максимальної швидкості на вищій передачі рівний:

$$S = \Delta S_{руш} + \Delta S_1 + S_{1:2} + \Delta S_2 + S_{2:3} \ldots + \Delta S_{n-1} + S_{(n-1):n} + \Delta S_n. \quad (37)$$

Сукупність вищенаведених рівнянь представляють математичну модель системи «Автомобіль з дизельним двигуном - дорога - навколишнє середовище».

Таким чином, за допомогою цієї математичної модель можна проводити дослідження впливу використання суміші біодизельного та дизельного палив в якості палива для двигуна на показники автомобіля при його русі в різних умовах та при різних навантаженнях із динамічним корегуванням відсоткового складу суміші.

За допомогою математичної моделі системи АДНС були проведені розрахунки часу розгону автомобіля КрАЗ-256Б1 з дизельним двигуном ЯМЗ-238, що використовував в якості палива дизельне паливо та суміш біодизельного і дизельного палива з місця із перемиканням передач від першої до вищої і виходом на максимальну швидкість. Відсотковий склад суміші біодизельного та дизельного палив змінювався пропорційно навантаженню на автомобіль. Аналіз результатів розрахунку показує, що при використанні суміші палив час розгону автомобіля КрАЗ-256Б1 збільшився на 5,6% в порівнянні з використанням дизельного палива.

В подальшому планується проводити дослідження впливу на екологічні та економічні показники автомобіля використання суміші біодизельного і дизельного палив та удосконалити алгоритм визначення відсоткового складу суміші.

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. Войтюк С. Д. Підвищення економічних і екологічних показників роботи бензинового двигуна на холостому ході відключенням окремих робочих циклів: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / Національний транспортний університет. - К., 2004.
3. Гутаревич Ю.Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей // Ю.Ф. Гутаревич. - К.: Урожай, 1989. - 224 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Показники руху автомобіля з дизелем за режимами їздового циклу при різних типах регулятора // Ю.Ф. Гутаревич, О.С. Добровольський, М.П. Сєльський - Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, 2008, № 1(6). - С. 106-110.
5. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях // Ю.Ф. Гутаревич. - К.: Виша школа, 1991. - 179 с.
6. Гутаревич Ю.Ф. Уточнена модель руху вантажного автомобіля з дизелем в режимах їздового циклу при роботі на дизельному та біодизельному паливах // Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, О.О. Левківський // Управління проектами, системний аналіз і логістика: науковий журнал. - К.: НТУ, 2012. - Вип. 9. - С. 46-51.
7. Гутаревич Ю.Ф. Уточнення математичних моделей руху колісного транспортного засобу за їздовим циклом при живленні різними видами палив // Ю.Ф. Гутаревич, І. В. Манько, В.В. Славін - Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2013 № 33. - С. 174-180.
8. Селифонов В.В. Теория автомобиля: Учебное пособие // В.В. Селифонов, А.Ш. Хусаинов, В.В. Ломакин. - М.: МГТУ «МАМИ», 2007. - 102 с.
9. Jinlin Xuea / Effect of biodiesel on engine performances and emissions // Jinlin Xue, Tony E. Grift, Alan C. Hansen. 2010.
10. Jhonnah Mundike Effects of Blended Biodiesel on Key Engine Parameters // Jhonnah Mundike, Alex Musonda. - Journal of Natural & Environmental Sciences, Nat Env Sci 2012 3(2): 1-6.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

©А.П.Поляков, Д.О.Галущак

УДК 621.436

А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.О.Квасневський
Вінницький національний технічний університет

ВПЛИВ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛІВ КАМАЗ-740 ЗМІНИ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРСУНКИ

При проведенні дослідження встановлено, що зміна діаметру соплових отворів в форсунці з 0,12 до 0,16 мм практично не впливає на техніко-економічні та екологічні показники дизеля, в діапазоні 0,16 до 0,26 мм вони покращуються, подальше збільшення діаметрів соплових отворів значно погіршує показники двигуна.

Ключові слова*: техніко-економічні показники, екологічні показники, дизель, конструктивні показники форсунки.*

Рис 6. Літ 12.

А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.А.Квасневский

ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЕЙ КАМАЗ-740 ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОРСУНКИ

При проведении исследования установлено, что изменение диаметра сопловых отверстий в форсунке с 0,12 до 0, 16 мм практически не влияет на технико-экономические и экологические показатели дизеля, в диапазоне 0,16 до 0,26 мм они улучшаются, дальнейшее увеличение диаметра сопловых отверстий значительно ухудшает показатели двигателя.

Ключевые слова*: технико-экономические показатели, экологические показатели, дизель, конструктивные показатели форсунки.*

A.Polyakov, S.Korobov. S.Kvasnevskiy

IMPACT ON TECHNICAL AND ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE DIESEL ENGINES KAMAZ-740 CHANGES DESIGN PARAMETERS OF NOZZLES

The main purpose of this paper is to study the impact on the technical , economic and environmental performance of diesel KamAZ-740 changes the design parameters of the nozzle.

The study was conducted using the design of the " Diesel-RK."

The base diameter of nozzle holes is 0,2 mm diameter nozzle at such holes rated power output is 154 kW. Increasing the diameter of nozzle holes to 0,24 mm results in a slight increase in the rated power of the engine. Further increase in the diameter of the injector nozzle holes , crucially, the process of mixing , leading to a reduction in engine power by 5,5 % from the baseline value of power.

Increasing the diameter of the nozzle holes to 0,24 mm leads to an increase in maximum torque by 0.9 %, a further increase in the diameter of the nozzle orifice leads to a decrease in maximum torque by 5,4 % from the baseline value.

Increasing the diameter of nozzle holes a few mm to 0,24 improves the fuel efficiency of the engine. Further increase in the diameter of the injector nozzle holes to 0,28 mm reduces fuel dalekobiynist current angle of opening, as deteriorating profitability of the engine- effective specific fuel consumption increases by 6,5%.

Reducing the diameter of the nozzle holes in the atomizer to 0.12 mm has virtually no effect on the technical and economic performance of diesel.

Increasing the diameter of nozzle holes leads to the reduction of nitrogen oxides , changes in the diameter of the nozzle holes in the nozzles of 0,12 mm to 0,24 mm has virtually no effect on the amount of particulate matter in the exhaust gases , further increasing the diameter of nozzle holes in the atomizer to 0,28 mm leads to a significant increase in emissions of particulate matter in the exhaust gases.

Thus , reducing the diameter of the nozzle holes virtually no effect on the technical , economic and environmental performance of diesel KamAZ-740 , increasing the diameter of the injector nozzle holes to 0,24 mm allows to increase engine power and maximum torque of nearly 5% without changing the rest of the structural parameters Aperture. Further increase in the diameter of the injector nozzle holes worsen the techno-economic and environmental performance of the engine.

Keywords: ***techno- economic performance, environmental performance , diesel, injector design parameters.***

Сумішоутворення у дизелях починається з початком впорскування палива і закінчується майже одночасно з кінцем його згоряння. На характер процесу сумішоутворення в порівнянні з бензиновими двигунами впливають такі особливості: гірша випарність дизельного палива в порівнянні з бензинами; протікання значної частини процесу сумішоутворення відбувається разом з процесами впорскування палива і згоряння; більша нерівномірність у часі розподілу палива в об'ємі камери згоряння.

©А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.О.Квасневський

Процеси сумішоутворення в дизелях вбирають в себе впорскування і розпилювання палива, розподіл його в об'ємі камери згоряння, нагрівання, випаровування палива, змішування парів палива з повітрям.

Впорскування палива в камеру згоряння починає здійснюватись системою живлення дизеля паливом в кінці такту стиску ще до приходу поршня у ВМК. Витікання палива з розпилювача форсунки відбувається під дією перепаду тиску у розпилювачі і камері згоряння. Тиск впорскування змінюється в процесі паливоподачі, що приводить до зміни швидкості витікання палива з розпилюючих (соплових) отворів форсунки і об'ємної секундної подачі палива.

Розпилювання палива - це процес роздрібнення струмини палива на окремі дрібні краплі, завдяки чому значно збільшується поверхня рідкого палива, прискорюється його прогрівання і випаровування. Роздрібнення паливних струмин починається з появи в них початкових збурень під час їх руху в соплових отворах. Розмір цих збурень залежить від конструкції розпилювача, швидкості руху струмини, гостроти вхідних і вихідних кромок соплових отворів тощо. Під дією початкових збурень і сил аеродинамічного опору струмина рідкого палива роздрібнюється на частки, краплини різного діаметра, які після повторних деформацій і розпаду складають у факелі розпиленого палива сукупність крапель різного діаметра.

Розвиток і структура факела розпиленого палива характеризується такими параметрами (рис. 1, а): довжиною $L_ф$, шириною $B_ф$, кутом розпилювання $\gamma_ф$, швидкістю руху переднього фронту $W_{фп}$ факела; концентрацією палива $C_п$ в перерізах факела за довжиною (рис. 1, б).

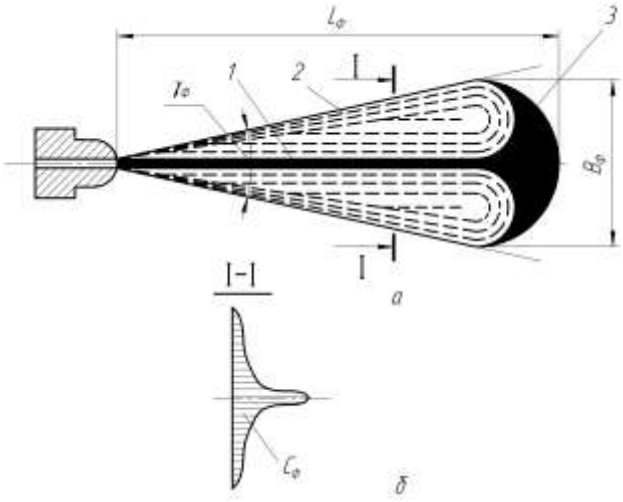


Рис. 1. ***Схема факела розпиленого палива***

Експериментальні дослідження свідчать про те, що розподілення крапель у факелі дуже нерівномірне: густина їх найбільша вдовж осі 1 і у фронті (головці) 3 факела і найменша у його зовнішній оболонці 2. Воно значно залежить від параметрів впорскування, конструктивних особливостей розпилювача, фізичних якостей палива і робочого тіла в камері згоряння і режимів роботи системи живлення. В той же час локальні концентрації палива у факелі, як і параметри факела, значно впливають на процеси сумішоутворення і згоряння і тому повинні бути узгоджені з типом і параметрами камери згоряння і робочого тіла в ній.

У сучасних автомобільних дизелях застосовуються три типи камер згоряння: нерозділені (однопорожнинні), які складаються з простору над поршнем і неглибокої порожнини в поршні; напіврозділені, в яких значна частина об'єму камери згоряння (до 70,..90 %) міститься у поршні; розділені (двопорожнинні), в яких камера згоряння складається з простору над поршнем і додаткового об’єму, розташованого у головці циліндра (так звані вихрові камери і передкамери).

У сучасних дизелях в основному використовують такі методи сумішоутворення: об'ємне, об'ємно-плівкове і плівкове. У деяких випадках конструктивними особливостями камери

визначаються тип і розвиток процесу сумішоутворення в дизелі, тому надалі розглядаються конструкції основних камер згоряння дизелів і методи сумішоутворення в них.

У разі об'ємного і об'ємно-плівкового сумішоутворення в дизелі струмінь палива, що виходить з розпилювача, повинен дробитися на дрібні краплі. Розміри крапель, що забезпечують швидке згоряння в дизелі, знаходяться в межах 5-40 мкм. Більш великі краплі, які утворюються зазвичай в кінці уприскування, можуть затягнути процес згоряння і сприяти виділенню сажі. Занадто дрібні краплі (розміром до 10 мкм) випаровуються поблизу розпилювача форсунки, що ускладнює використання повітря у віддалених точках камери згоряння.

За інших рівних умов швидкості прогріву і випаровування крапель залежать від загальної поверхні палива і маси (обсягу) кожної частинки, тобто від діаметра крапель. Тому якість розпилювання характеризується діаметром крапель. При дробленні струменя, як зазначалося вище, утворюються краплі різних діаметрів, що ускладнює оцінку розпилювання по їх істинним розмірами.

Якість розпилювання оцінюють середніми діаметрами крапель. Для їх підрахунку сукупність крапель, отриману в результаті дроблення струменя, замінюють краплями, що мають однаковий (середній) діаметр. Якість процесу розпилювання залежить від швидкості руху часток палива, фізичних властивостей газового середовища, фізичних властивостей палива, конструктивних особливостей розпилювача.

Дрібність і однорідність розпилювання поліпшуються при збільшенні швидкості руху часток палива, тобто швидкості витікання палива із соплових отворів розпилювача. Ця швидкість визначається тиском уприскування і змінюється в процесі упорскування відповідно до характеристики уприскування.

Із збільшенням швидкісного режиму і циклової подачі палива підвищується тиск уприскування і, отже, швидкості витікання палива із соплових отворів і поліпшується дрібність розпилювання.

Підвищення щільності середовища, в яку здійснюється впорскування, збільшує опір руху крапель і сприяє їх дробленню. Однак при підвищенні щільності середовища швидше зменшується швидкість крапель, і вони не встигають досягти нестійкої форми. Такі краплі дробитися не будуть. Досліди показують, що з підвищенням щільності газового середовища дрібність розпилювання змінюється незначно.

Великий вплив на дроблення струменя і розміри крапель надають фізичні властивості палива. Сили внутрішнього тертя зменшують обурення в потоці при його русі в розпилювачі, в результаті із зростанням в'язкості дрібність і однорідність розпилювання палива погіршуються. Сили поверхневого натягу стабілізують струмені і краплі, але сприяють дробленню плівок. З ростом сил поверхневого натягу дрібність розпилювання погіршується менше, ніж із зростанням сил внутрішнього тертя. Щільність палива мало впливає на розпилювання і розміри крапель.

З конструктивних параметрів розпилювача на дрібність розпилювання впливають відношення довжини l_c соплового отвору до його діаметра d_c. Діаметри крапель виходять менше при відношенні $l_c/d_c = 3...4$. Розпилювання поліпшується і в разі створення попередніх збурень у паливі при його русі в каналах розпилювача.

При збільшенні діаметра соплових отворів і незмінному їх загальному прохідному перерізі (μ_c/f_c = const) зростає далекобійність факела. Це пояснюється збільшенням маси палива, що випливає з соплового отвору і, отже, його кінетичної енергії.

Основною метою роботи є дослідження впливу на техніко-економічні та екологічні показники дизелів КамАЗ-740 зміни конструктивних параметрів форсунки.

У завдання роботи входила розробка рекомендацій щодо зміни конструктивних параметрів форсунки для покращення техніко-економічних та екологічних показників дизелів КамАЗ-740.

Як відомо, збільшення діаметру соплових отворів в форсунках дизеля при збереженні показників роботи паливної системи зменшує час впорскування палива, але це може призвести також до зменшення далекобійності струї та збільшення кута її розкриття.

©А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.О.Квасневський

Зменшення часу впорскування палива без зміни величини кута випередження впорскування палива дозволяє збільшити час на випаровування палива і може покращити процес сумішоутворення.

Навпаки, зменшення далекобійності струї палива утворює умови при яких виникають зони в яких значна кількість палива окислюється невеликою кількістю кисню, яке знаходиться в повітрі, та зони в яких незначна кількість палива окислюється великою кількістю кисню, яке знаходиться в повітрі, тобто зони перезбагаченої та збідненої паливо-повітряної суміші.

Зменшення кута розкриття паливного струменя при впорскуванні палива в циліндри двигуна призводить до зменшення загальної поверхні паливного факела та погіршує процес випаровування палива, це в свою чергу погіршує процес сумішоутворення.

Зменшення діаметра соплового отвору призводить до збільшення часу впорскування палива, можливі випадки, при яких впорскування палива буде здійснюватись при досягненні поршнем верхній мертвій крапки і навіть при русі поршня до ніжній мертвій крапки, це безумовно погіршує техніко-економічні показники дизеля.

Результати розрахункового дослідження впливу зміни діаметра соплових отворів форсунок на показники дизелів КамАЗ-740 представлені графічними залежностями номінальної потужності Ne, максимального крутного моменту Me, питомої ефективної витрати палива g_e, концентрації оксидів азоту NOx, емісії твердих часток у відпрацьованих газах в залежності від кількості соплових отворів форсунок дизеля, які наведені на рис. 2-6.

Дослідження проведено за допомогою розрахункової програми «Дизель-РК».

Вихідні данні для проведення розрахунків відповідають конструктивним даним базового дизеля КамАЗ-740.

Тиск та температура повітря в циліндрах дизеля відповідають показникам базового дизеля КамАЗ-740. Тиск впорскування палива та кут випередження впорскування палива не змінювались.

Розглянемо вплив діаметра соплових отворів на номінальну потужність дизеля КамАЗ-740 (рис. 2).

Базовий діаметр соплових отворів складає 0,2 мм, при такому діаметрі соплових отворів номінальна потужність двигуна складає 154 кВт. Збільшення діаметра соплових отворів до 0,24 мм призводить до незначного збільшення номінальної потужності двигуна до 155 кВт (на 0,65%). Подальше збільшення діаметру соплових отворів форсунки значно погіршує процес сумішоутворення, що приводить до зменшення потужності двигуна до 146 кВт (на 5,5% менше від базового значення потужності).

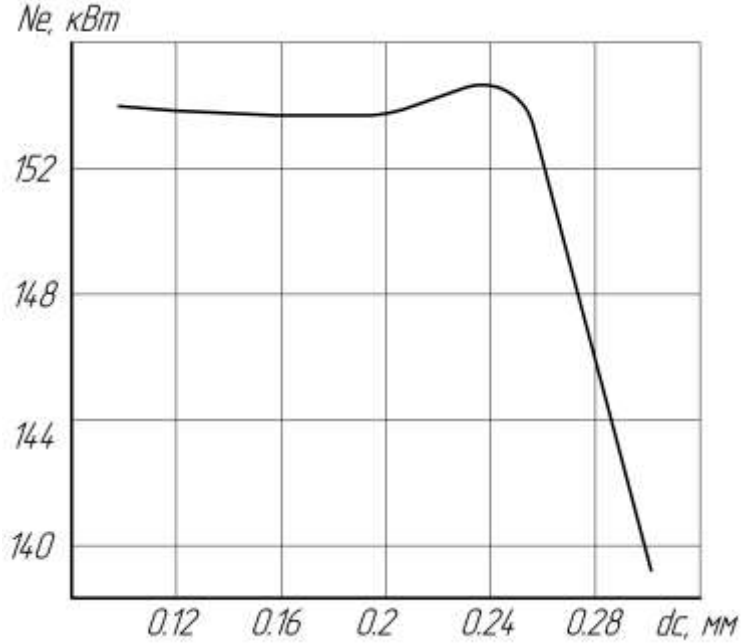


Рис. 2 . **Залежність номінальної потужності Ne двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці**

©А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.О.Квасневський

При зменшенні діаметру соплових отворів до 0,12 мм показники потужності двигуна практично не змінюються, але зменшення діаметра соплового отвору приводить до збільшення імовірності закоксовування форсунок. Крім того, виготовлення соплових отворів такого малого діаметру викликає технологічні складності.

Аналізуючи графічну залежність максимального крутного моменту Ме двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці можливо відмітити таку ж тенденцію по впливу діаметру соплових отворів на номінальну потужність (рис. 3).

Збільшення діаметру соплових отворів до 0,24 мм призводить до збільшення максимального крутного моменту з 564 Н*м до 569 Н*м (на 0,9%), подальше збільшення діаметра соплового отвору приводить до зменшення максимального крутного моменту до 535 Н*м, на 5,4% менше від базового значення.

Зменшення діаметру соплових отворів в форсунці до 0,12 мм практично не впливає на значення максимального крутного моменту.

Розглянемо, як впливає діаметр соплових отворів в форсунці на показники економічності дизеля КамАЗ-740 (рис. 4).

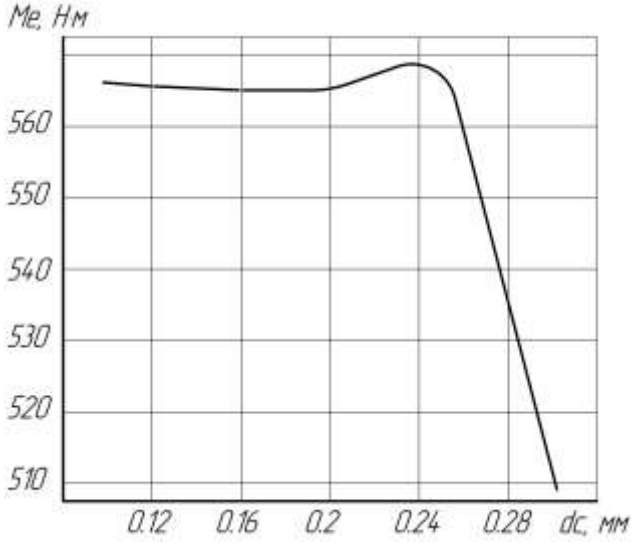


Рис. 3 . **Залежність максимального крутного моменту Ме двигуна КамАЗ-740 від діаметру соплових отворів в форсунці**

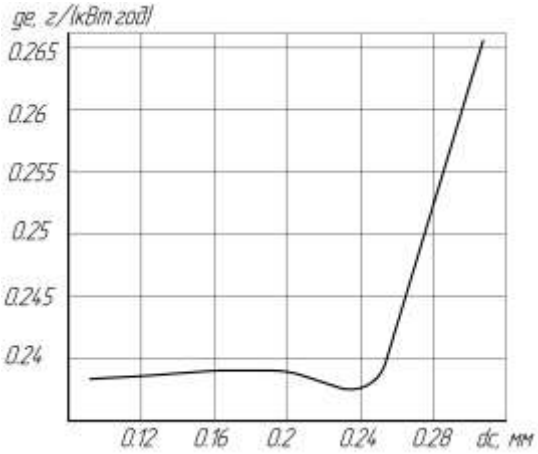


Рис. 4 . **Залежність питомої ефективної витрати g_e двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці**

©А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.О.Квасневський

Як відмічалось раніше зміна процесу сумішоутворення при зміні діаметра соплових отворів в форсунках дизеля при збереженні їх кількості змінює час впорскування палива, це може призвести також до зміни далекобійності струї та кута її розкриття.

Все це впливає на показники економічності дизеля. Збільшення діаметра соплових отворів до 0,24 мм декілька покращує паливну економічність двигуна питома ефективна витрата палива зменшується з 239 г/(кВт*год) до 237 г/(кВт*год) (на 0,8%). Подальше збільшення діаметра соплових отворів форсунки до 0,28 мм зменшує далекобійність паливної струї, кут її розкриття, тому погіршується економічність двигуна – питома ефективна витрата палива збільшується з 237 г/(кВт*год) до 252,5 г/(кВт*год) (на 6,5%).

Зменшення діаметра соплових отворів форсунки дизеля до 0,12 мм призводить до незначної зміни паливної економічності. Але, вплив діаметра соплових отворів на економічні показники двигуна дуже незначний, збережується тенденція впливу така ж як на номінальну потужність та максимальний крутний момент дизеля.

Розглянемо вплив діаметра соплових отворів форсунки на утворення кількості окислу азоту в відпрацьованих газах (рис. 5).

Збільшення діаметра соплових отворів до 0,24 мм призводить до зменшення кількості окислів азоту з 1150 млн$^{-1}$ до 1105 млн$^{-1}$, тобто на 4,1%. Подальше збільшення діаметра соплових отворів форсунки приводить до значного зменшення кількості окислів азоту до 800 млн$^{-1}$, від значення базового дизеля на 43,75%.

Зменшення діаметра соплових отворів до 0,12 мм приводить до зменшення кількості окислів азоту до 1100 млн$^{-1}$, що на 4,5% менше від значення базового дизеля.

Проаналізуємо вплив зміни кількості соплових отворів на емісію твердих часток в відпрацьованих газах (рис. 6).

Зміна діаметра соплових отворів в форсунках з 0,12 мм до 0,24 мм практично не впливає на кількість твердих часток у відпрацьованих газах, яка знаходиться в межах 180 г/(кВт*год).

Подальше збільшення діаметра соплових отворів в форсунці до 0,28 мм приводить до значного збільшення емісії твердих часток у відпрацьованих газах до 700 г/(кВт*год), майже в 3,88 разу від значення базового дизеля.

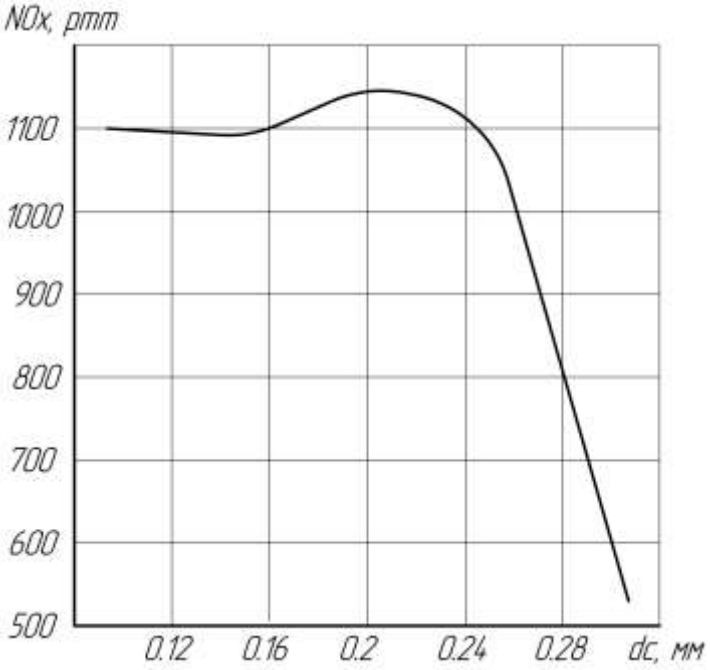


Рис. 5. **Залежність викидів окислів азоту NOx двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці**

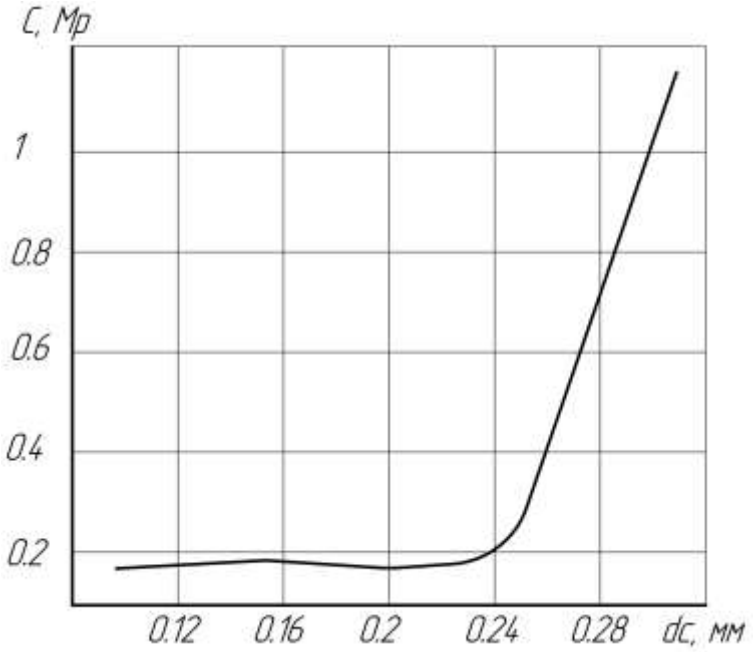


Рис. 6 . **Залежність емісії твердих часток в відпрацьованих газах двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці**

Таким чином, зменшення діаметра соплових отворів практично не впливає на техніко-економічні та екологічні показники дизеля КамАЗ-740, збільшення діаметра соплових отворів форсунки до 0,24 мм дозволяє підвищити номінальну потужність двигуна та максимальний крутний момент майже на 5% без зміни решти конструктивних показників системи живлення. Подальше збільшення діаметра соплових отворів форсунки погіршує техніко-економічні та екологічні показники двигуна.

1. Абрамчук Ф.І.Автомобільні двигуни: Підруч. для студентів спец. "Автомобілі та автомобільне господарство" вищ. навч. Закладів / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. - К.: Арістей, 2004. - 438 с.
2. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей. / В.В. Беднарский.- Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. - 290 с.
3. Васильев В.Н. Тяговые расчеты лесных машин с использованием ЭВМ: Учебн. пособие. /В.Н.Васильев, М.И.Куликов, А.Ф.Фрейндлинг.- Петрозаводск, 1988. - 327 с.
4. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов.- М.: Машиностроение, 1983. - 278 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. - М.: Машиностроение, 1983. - 547 с.
6. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учебное пособие для ВТУЗов / А.И.Колчин, В.П. Демидов. - М.: Высшая школа, 2003.- 383 с.
7. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А.Р. Кульчицкий - М: Академический проект, 2004 - 325 с.
8. Лесные машины: Учебник для ВУЗов / Под ред. Г.М.Анисимова. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 347 с.
9. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник. В 3 кн. Кн.2: Динамика и конструирование / В.Н. Луканин, И.В.Алексеев, М.Г. Шатров. -М: Высшая школа, 1995. - 319 с.
10. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник. В 3 кн. Кн.1: Теория рабочих процессов / В.Н.Луканин, К.А.Морозов, А.С. Хачиян. - М.: Высшая школа, 1995. - 368 с.
11. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник. В 3 кн. Кн.3: Компьютерный практикум. / В.Н.Луканин, М.Г.Шатров, А.Ю. Труш. - М.: Высшая школа, 1995.-256 с.
12. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология: Учебник для вузов / В.Н.Луканин, Ю.В.Трофименко. - М.: Высшая школа, 2001. - 439 с

Стаття надійшла до редакції 16.04.2014.

©А.П.Поляков, С.С.Коробов, С.О.Квасневський

УДК 621.436

А.П.Поляков, Б.С.Маріянко
Вінницький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-238 ЗМІНИ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

В роботі проведено дослідження впливу на техніко-економічні та екологічні показники дизеля зміни діаметра поршня та його хода при збереженні літрового об'єму дизеля.

Встановлено, що при збільшення відношення діаметра поршня до його хода зі збереженням літрових показників дизеля можливо їх покращення, але при цьому збільшуються його габаритні розміри і відповідно вага.

Ключові слова*: техніко-економічні показники, екологічні показники, дизель, циліндро-поршнева група.*

А.П.Поляков, Б.С.Мариянко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-238 ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

В работе проведено исследование влияния на технико-экономические и экологические показатели дизеля изменения отношения диаметра поршня и его ходу при сохранении литрового объема.

Установлено, что при увеличении отношения диаметра поршня к его ходу с сохранением литровых показателей дизеля позволяет их улучшить, но при этом увеличиваются его габаритные размеры и соответственно вес.

Ключевые слова: *технико-экономические показатели, экологические показатели, дизель, цилиндро-поршневая группа.*

Рис 5. Табл 1. Літ 11

A. Polyakov, B.Mariyanko

DETERMINING INFLUENCE ON PERFORMANCE ENGINE JAMZ-238 CHANGES DESIGN PARAMETERS PARTS CYLINDER-PISTON GROUP

Significant effect to enhance technical, economic and environmental performance of diesel can be achieved by changing the design parameters of the cylinder- piston group , such as changing the diameter of the piston and its pace while maintaining the volume liter diesel.

The calculations were performed using computer codes "Diesel -RK." As the object of the research is the diesel engine JMZ -238.

Analysis of the dependence of the rated power Ne ratio of the diameter of the piston to move its diesel engine JMZ-238 shows that the reduction of stroke can improve the nominal capacity of diesel. Increasing the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0,73 to 1,16 rated power output increased from 159,7 kW to 169,0 kW (5,8 %).

The character of the maximum torque of the ratio of the diameter of the piston to its gait similar dependence of rated power , an increase of 837,7 Mg Nm to 886,3 Nm (5,8 %).

Increasing the diameter of the piston improves mixture formation and combustion of the fuel mixture during the work pace , resulting in improved fuel efficiency of diesel. Increasing the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0,73 to 1,16 effective specific fuel consumption decreases with 242,87 gr/(kWh) to 232,52 gr/(kWh) (at 4,45 %).

Increasing the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0.73 to 0.93 are increasing the concentration of nitric oxide - 1235,1 mln^{-1} до 1574,5 mln^{-1} (27,5 %), a further increase in the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0,93 to 1,16 leads to a decrease in the concentration of nitric oxide to the original value 1235,1 mln^{-1}.

Improving the process of mixing and combustion of the fuel mixture when increasing the ratio of the diameter of the piston to its gait from 0,73 to 1,16 leads to a reduction in emissions of particulate matter from 0,1708 gr/(kWh) 0,1045 gr/(kWh) that almost 63,5 %.

It is thus possible to conclude that increasing the ratio of the diameter of the piston to its gait preserving liter diesel engine performance may improve the technical, economic and environmental performance of diesel, but increase its overall size and weight , respectively.

Keywords: *techno-economic performance, environmental performance, diesel, cylinder-piston group.*

Своєчасність доставки вантажів і пасажирів, безпеку руху, економічні показники використання транспорту визначаються багатьма факторами, в т.ч. організаційно-управлінськими, технологічними, технічними. Серед останніх важливе значення мають різні аспекти отримання, перетворення, використання енергії об'єктами транспорту. Організація і управління виробничо-технічними процесами, які забезпечують безпеку, своєчасність, економічність доставки вантажів і пасажирів на практиці здійснюється інженерно-технічними працівниками, в тому числі інженерами, що забезпечують ефективну технічну експлуатацію рухомого складу.

Удосконалення двигунів відбувається відповідно вимог, які до них пред'являються. Підвищення показників потужності та економічності при одночасному зменшенні габаритів та ваги досягається збільшенням числа обертів колінчастого валу, переходом на двотактний режим

©А.П.Поляков, Б.С.Маріянко

роботи та використання наддуву, але ці заходи вимагають глибокої модернізації двигуна, тривалого часу та витрати значних коштів.

Значного ефекту для підвищення техніко-економічних та екологічних показників дизеля можливо досягнути зміною конструктивних параметрів циліндро-поршневої групи, а саме зміни діаметра поршня та його хода при збереженні літрового об'єму дизеля [1].

Відношення ходу поршня до діаметру циліндра є одним з основних параметрів, що визначають габаритні розміри і масу двигуна. Цей параметр пов'язаний безпосередньо зі швидкістю поршня і потужністю двигуна. В даний час у значної частки автомобільних двигунів відношення S/D=0,75... 1,0 [2].

Розглянемо переваги і недоліки двигунів з різними відносинами S/D, але з однаковим числом обертів колінчастого вала. З ростом відносини S/D збільшується висота двигуна і його маса. При цьому жорсткість колінчастого вала зменшується, внаслідок чого створюються більш сприятливі умови для виникнення резонансу крутильних коливань. При збільшенні відношення S/D зростає хід поршня S, а отже, і середня швидкість поршня, що обумовлює підвищення інерційного навантаження на деталі, погіршення наповнення циліндрів і велику роботу тертя, тобто меншу зносостійкість деталей двигуна.

До переваг короткохідних двигунів слід віднести наступне [3-5]:

- збільшення числа обертів при форсовані двигуна без підвищення середньої швидкості поршня;
- підвищення терміну служби деталей поршневої групи при роботі з помірними середніми швидкостями поршня (для двигунів легкових автомобілів v_n=10,0... 16,0 м/сек, а для двигунів вантажних автомобілів v_n=7,0...13,0 м/с);
- збільшення перекриття шатунних і корінних шийок, що підвищує міцність і жорсткість колінчастого вала;
- підвищення коефіцієнта наповнення циліндрів двигуна завдяки меншим швидкостям впуску, прямо пропорційним швидкості поршня;
- зменшення габаритних розмірів двигуна в напрямі осі циліндрів;
- зниження теплових втрат в охолоджуюче середовище.

Однак із зменшенням відносини S/D збільшується довжина двигуна і його маса. При цьому ускладнюється проходження противаг колінчастого вала під кромкою поршня при його положенні в НМК.

Малі відносини S/D доцільно застосовувати в Х-подібних двигунах, так як при цьому зменшується їх довжина і ширина, особливо при великому куті між осями циліндрів. З цієї ж причини двигуни з протилежними циліндрами також доцільно робити короткохідними [6-9].

У сучасних автомобільних двигунах відношення S/D змінюється в межах 0,75-1,2, причому високооборотні двигуни і двигуни, що працюють з великим навантаженням, повинні мати відношення S/D, близьке до нижчої межі.

Відношення λ радіусу кривошипа до довжини шатуна R/L вибирають на підставі таких міркувань.

Малі значення λ, використовують для зменьшення тиску поршня на стінку циліндра, а також для зменшення другій і більш високих гармонік сил інерції поступально рухомих мас, що має велике значення для врівноваження двигуна. Однак малим значенням відповідає велика довжина шатуна L, а отже, великі габаритні розміри і маса двигуна [10]. З метою зменшення габаритних розмірів і маси двигуна вибирають великі значення λ.

Для сучасних швидкохідних автомобільних двигунах застосовують довші шатуни, ніж у тихохідних, тобто λ = 1/3,0…1/3,8. При конструюванні двигунів необхідно враховувати, що стрижні шатунів при максимальному відхиленні їх від осі циліндрів і нижні головки шатунів в положенні, близькому до ВМК, не повинні зачіпати за виступаючі в картер стінки циліндрів. Тому збільшуючи довжину шатунів, якщо це допускає конструкція, роблять вирізи в блоці циліндрів.

Основним завданням дослідження було визначення залежностей потужності двигуна, максимального обертального моменту, питомої витрати палива, викидів окислів азоту та сажі від відношення діаметра поршня до його ходу [11].

Основним обмеженням було збереження літрових показників двигуна, тобто при зменшенні діаметра поршня на відповідну величину збільшується його хід.

©А.П.Поляков, Б.С.Маріянко

Необхідно відмітити, що при збільшенні ходу поршня змінюються показники робочого процесу, в першу чергу сумішоутворення та згорання паливної суміші при русі поршня від ВМК до НМК.

Розрахунки виконувались за допомогою розрахункової програми «Дизель-РК». В якості об'єкта дослідження обрано дизельний двигун ЯМЗ-238.

Результати розрахунків наведені в табл. 1.

За отриманими розрахунковими результатами побудовані графічні залежності номінальної потужності Ne, максимального крутного моменту Me, питомої витрати палива g_e, викидів оксиду азоту NOx та емісії твердих часток від відношення діаметру поршня до його ходу (рис. 1-5).

Таблиця 1

Результати розрахункового дослідження визначення впливу на показники дизеля ЯМЗ-238 зміни конструктивних параметрів деталей циліндро-поршневої групи

V_a - const	Ne, кВт	Me, Н*м	g_e, кг/(кВт*год)	NOx, 1/млн	PM емісія твердих часток, г/(кВт*год)
d=120; S=164,3	159,7	837,7	0,24287	1235,1	0,17080
d=125; S=150,0	162,5	852,5	0,23675	1569,6	0,11134
d=130; S=140,0	165,8	869,5	0,23446	1574,5	0,10605
d=135; S=130,0	167,7	879,8	0,23230	1573,5	0,10455
d=140; S=120,7	169,0	886,3	0,23052	1567,9	0,10450

За отриманими розрахунковими результатами побудовані графічні залежності номінальної потужності Ne, максимального крутного моменту Me, питомої витрати палива g_e, викидів оксиду азоту NOx та емісії твердих часток від відношення діаметру поршня до його ходу (рис. 1-5).

Аналіз залежності номінальної потужності Ne від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238 показує, що зменшення ходу поршня дозволяє підвищити номінальну потужність дизеля.

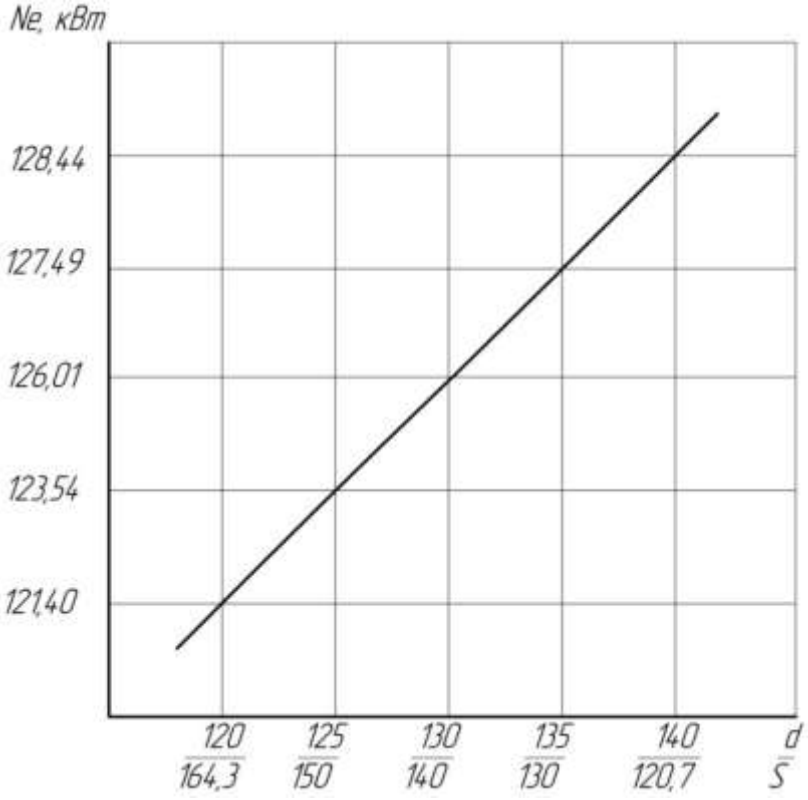


Рис. 1 **Залежність номінальної потужності Ne від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238**

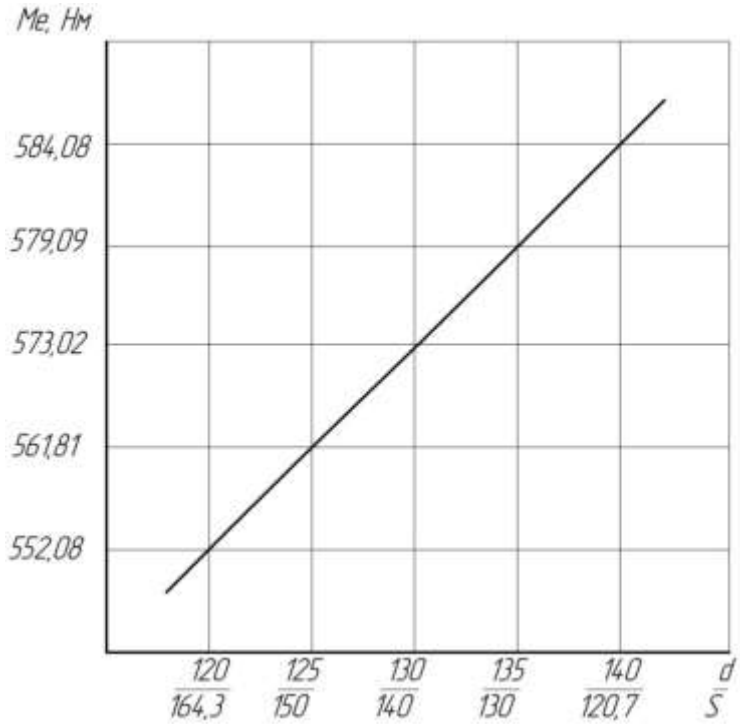


Рис. 2 .**Залежність максимального крутного моменту Ме від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238**

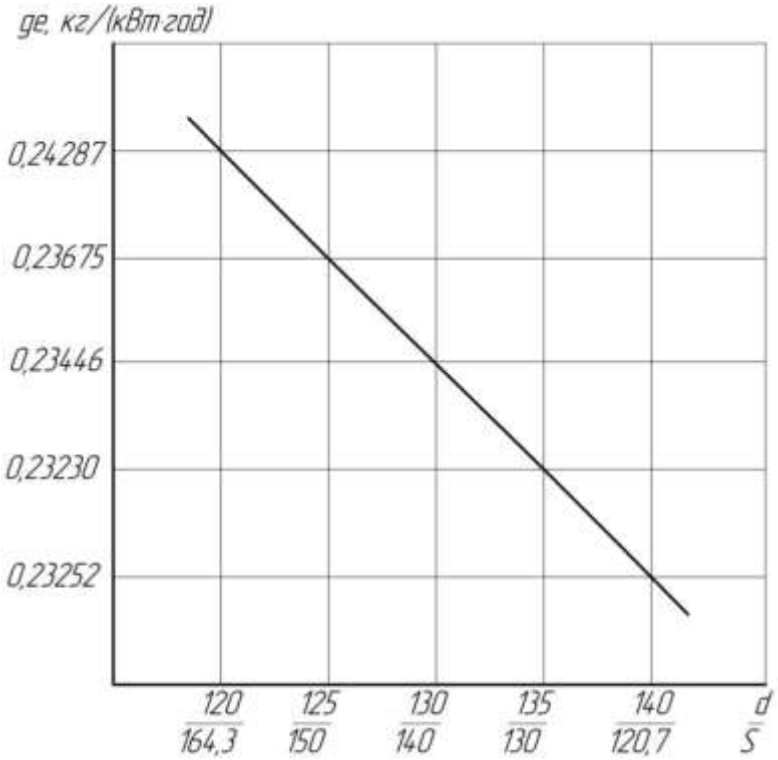


Рис. 3. **Залежність питомої витрати палива g_e від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238**

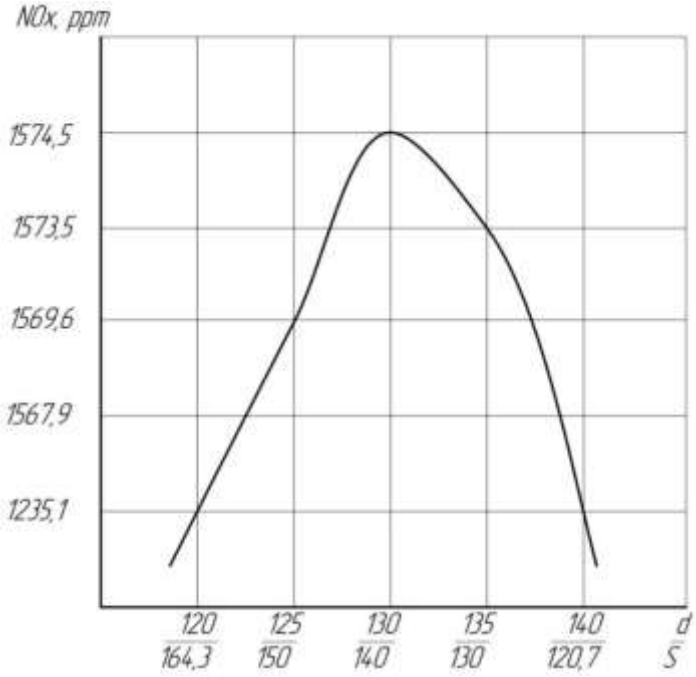


Рис. 4. **Залежність викидів оксиду азоту NOx від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238**

Але необхідно відмітити, що зменшення ходу поршня при збереженні літрового об'єму вимагає збільшувати діаметр поршня. Це призводить до збільшення габаритних розмірів двигуна, відповідно збільшується його маса, також збільшується об'єм підмоторного простору і, відповідно, маса автомобіля, зменшуючи тим самим вантажопідйомність транспортного засобу.

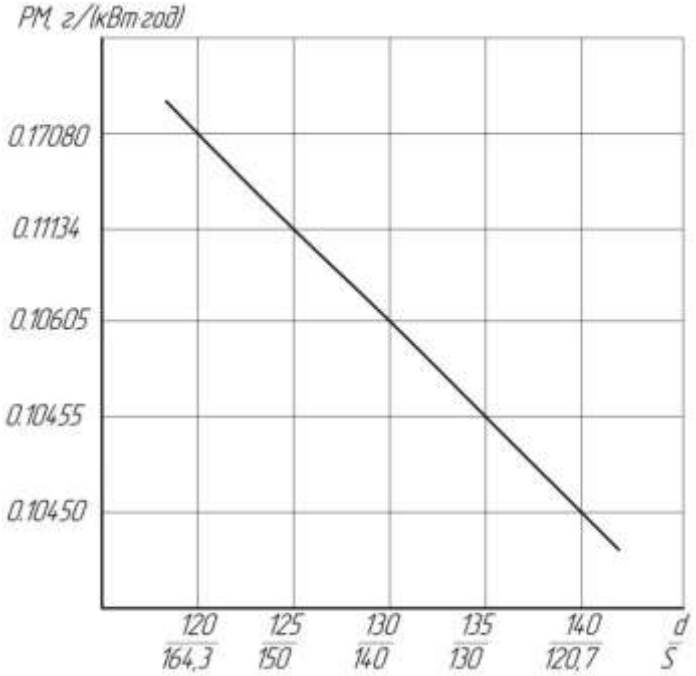


Рис. 5.**Залежність емісії твердих часток від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238**

Збільшуючи відношення діаметра поршня до його хода з 0,73 до 1,16 номінальна потужність двигуна збільшується з 159,7 кВт до 169,0 кВт (на 5,8%).

Характер залежності максимального крутного моменту від відношення діаметра поршня до його хода аналогічне залежності номінальної потужності, при цьому збільшення відношення

діаметра поршня до його хода призводить до збільшення максимального крутного моменту з 837,7 Н*м до 886,3 Н*м (на 5,8%).

Збільшення діаметра поршня покращує процес сумішоутворення та згорання паливної суміші під час робочого хода, що призводить до покращення паливної економічності дизеля. Збільшуючи відношення діаметра поршня до його хода з 0,73 до 1,16 питома ефективна витрата палива зменшується з 242,87 г/(кВт*год) до 232,52 г/(кВт*год) (на 4,45%).

Збільшуючи хід поршня при збереженні літрового об'єму двигуна відповідно зменшують хід поршня тому збільшується швидкість його руху при відповідних частотах оберту колінчастого валу, відповідно збільшується роль насосного ходу поршня і коефіцієнт надлишку повітря. Як відмічалось раніше накопичення NO_x відбувається при високих температурах робочого циклу і достатній кількості кисню, збільшуючись з підвищенням його температури, і досягає свого максимуму при $\alpha = 1,05$, максимальна концентрація NOx в відпрацьованих газах дизельних двигунів відповідає найбільш економічним режимам роботи.

Збільшуючи відношення діаметра поршня до його хода з 0,73 до 0,93 маємо збільшення концентрації оксиду азоту з 1235,1 млн$^{-1}$ до 1574,5 млн$^{-1}$ (на 27,5%) подальше збільшення відношення діаметра поршня до його хода з 0,93 до 1,16 призводить до зменшення концентрації окислу азоту до початкового значення 1235,1 млн$^{-1}$.

Покращення процесу сумішоутворення та згорання паливної суміші при збільшення відношення діаметра поршня до його хода з 0,73 до 1,16 призводить до зменшення емісії твердих часток з 0,1708 г/(кВт*год) 0,1045 г/(кВт*год) тобто майже на 63,5%.

Таким чином, можливо зробити висновок, що при збільшення відношення діаметра поршня до його хода зі збереженням літрових показників дизеля можливо покращення техніко-економічних та екологічних показників дизеля, але при цьому збільшуються його габаритні розміри і відповідно вага. Тому при конструюванні дизеля необхідно виходити з компромісу необхідні значення техніко-економічних та екологічних показників при відповідних масово-габаритних показниках двигуна.

1. Автомобильные и тракторные двигатели. (Теория, системы питания, конструкции и расчет) / Под ред. И.М. Ленина. Учебник для ВУЗов по специальности "Автомобили и тракторы". - М.: Высш. шк., 1969. - 491 с.
2. Автомобильные и тракторные двигатели.: В 2 ч. Конструкция и расчет двигателей / Под ред. И.М. Ленина. Учебник для ВУЗов. 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Высш. шк., 1976. - 539 с.
3. Архангельский В.М. Автомобильные двигатели / В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов и др. - М.: Машиностроение, 1977. - 364 с.
4. Архангельский В.М. Автомобильные двигатели. / В.М. Архангельский - М.: Машиностроение, 1973. – 428 с.
5. Астахов И.В. Подача и распыливание топлива в дизелях / И.В. Астахов, В.И. Трусов, А.С. Хачиян, Л.Н. Голубков. - М.: «Машиностроение», 1972, - 359 с.
6. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей. / В.В. Беднарский. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 290 с.
7. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов. - М.: Машиностроение, 1983. - 278 с.
8. Двигатели внутреннего сгорания. / Под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высш. школа, 1985. - 472 с.
9. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. - М.: Машиностроение, 1983. - 547 с.
10. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учебное пособие для ВТУЗов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. - М.: Высшая школа, 2003. - 383 с.
11. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А.Р. Кульчицкий - М: Академический проект, 2004 - 325 с.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014.

©А.П.Поляков, Б.С.Маріянко

УДК 656.13

Д.П.Понкратов, Г.І.Фалецька
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ОЦІНКА ЗНАЧУЩОСТІ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ ПАСАЖИРАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ У МІСТАХ

Розглянуто зміну значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від соціально-економічних умов життя населення, параметрів транспортного обслуговування та рівня тарифів на користування послугами маршрутного пасажирського транспорту.

Ключові слова: *шлях пересування, критерії вибору, час пересування, транспортна стомлюваність, тариф.*

Рис 4. Табл 1. Форм 5. Літ 15

Д.П.Понкратов, Г.И.Фалецкая

ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ПАССАЖИРАМИ ПУТИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

Рассмотрено изменение значимости критериев выбора пассажирами пути передвижения в зависимости от социально-экономических условий жизни населения, параметров транспортного обслуживания и уровня тарифов на пользование услугами маршрутного пассажирского транспорта.

Ключевые слова: *путь передвижения, критерии выбора, время передвижения, транспортная утомляемость, тариф.*

D. Ponkratov, G.Faletska

THE EVALUATION OF IMPORTANCE OF PASSENGERS PATH CHOICE CRITERIA IN CITIES

Analysis of earlier studies was performed. It was established that questions of the passengers path choise criteries variation in the transit, are insufficiently research. Variation of the passengers path choise criterias importance depending on the social-economical conditions, transport services parameters and the level of f for services of passenger transport route has been discussed in the article. The criteria were identified: travel time, fare level and transport fatigue level of passengers. As an indicator, which characterizes the criteria importance was used the generalized cost of travel. The greater proportion of the criterion in the generalized cost of travel, then it more important. Was established that the significance of the passengers path choice criterias is not constant. It depends on the social-economical conditions, transport services parameters and the level of the fare. With increasing household incomes tend to passengers carrying to make trips with less travel time and transport fatigue. Thus the fare value is becoming less important. Was determined that the implementation of a trip in a crowded vehicle transport the fatigue criterion becomes more significant. Consequently, when inadequate vehicle offers passengers will choose the path, which enables to travel to more comfortable conditions. At the same this path may be characterized by greater time trip duration or fare value.

Keywords : *transit path, choice criteria , travel time , transport fatigue, fare*

Постановка проблеми. Транспортну систему перевезень пасажирів у містах слід розглядати як складну та таку, що постійно змінюється. Вхідною інформацією, що використовується для розробки проектних рішень з удосконалення функціонування транспортної системи є попит мешканців на транспортні послуги. Зміна характеристик попиту вимагає внесення відповідних керуючих впливів щодо формування транспортної пропозиції, як на мережному рівні, так і в технології перевезень на окремих маршрутах. Разом з цим зв'язок «попит - пропозиція» є двостороннім. З одного боку зміна параметрів попиту вимагає внесення змін до параметрів транспортної системи, з іншого – попит формується на підставі діючої системи транспортного обслуговування.

Найбільш загальною характеристикою попиту є кореспонденція мешканців міста. Наслідком задоволення попиту виступають пасажиропотоки, які є результатом реалізації кореспонденції на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту.

За умови розгалуженої маршрутної мережі пасажири мають декілька варіантів реалізації кореспонденції. Вибір певного варіанта з множини альтернативних виконується власно пасажирами, які спираються на власну оцінку їх характеристик. Як результат оцінки та порівняння альтернатив між собою вибір здійснюється з використанням різних критеріїв. При цьому критерії, що використовують пасажири мають різну значущість, що обумовлено їх індивідуальними характеристиками.

©Д.П.Понкратов, Г.І.Фалецька

Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування є важливим аспектом моделювання поведінки пасажирів, а отже й прогнозування пасажиропотоків. Це вказує на актуальність проблеми, що розглядається.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Труднощі математичного опису причинно-наслідкових зв'язків процесу формування пасажирських потоків пов'язані з такими властивостями транспортної системи, які дають змогу віднести її до розряду складних [1]: стохастичність процесів формування пасажирських потоків, нестаціонарність і активність об'єкта управління.

При моделюванні достатньо складно врахувати всю сукупність факторів, що впливають на вибір шляху пересування. Унаслідок цього фактичне рішення в моделі не цілком адекватне реальності [1, 2]. Використання недостатньо адекватних моделей поведінки пасажирів призводить до доволі неточних методів розрахунку пасажиропотоків у маршрутних мережах, інформація про які є основою вирішення практично всіх завдань транспортного планування [3].

В якості факторів, що впливають на вибір пасажирами шляху пересування дослідники виділяють наступні [1-11]: витрати часу на здійснення пересування за його складовими (пішохідний рух, очікування на зупинці, поїздка у транспорті); наявність пересаджень; вартість проїзду; характеристики комфортабельності пересування.

Оцінку значущості критеріїв проводять за результатами анкетного опитування пасажирів, при цьому застосовують експертний метод [6, 7]. Думки експертів, в якості яких виступають пасажири, не є достатньо погодженими. Це пояснюється індивідуальними відмінностями опитуваних, різним досвідом та умовами здійснення пересувань. Разом з цим результати таких обстежень дозволяють виявити загальну тенденцію в оцінці значущості критеріїв вибору.

Здебільшого моделі вибору пасажирами шляху пересування будують на підставі обробки дослідних даних [1, 3, 5, 7 - 11]. Так, наприклад, описання поведінкового вибору пасажирів можливо з використанням функції корисності. Цю функцію зазвичай представляють як лінійну від факторів, що характеризують шляхи пересування та будують на підставі обробки даних обстежень. Коефіцієнти при факторах характеризують їх вплив на залежну змінну (корисність альтернативи). Більш привабливим є той шлях пересування, що характеризується меншими витратами часу та грошей і забезпечує більш комфортні умови пересування.

Недоліком, такого підходу є те, що моделі отримані на підставі обробки дослідних даних забезпечують правомірність їх використання для тих умов, при яких вони були отримані. Зміна умов застосування цих моделей потребує проведення додаткових обстежень з метою калібрування параметрів.

Також використовується підхід, що передбачає розбиття усієї сукупності пасажирів на групи, для яких спостерігається однакове відношення до розглянутих критеріїв. Автор праці [3] при цьому виходить із віку пасажирів. Разом з цим на думку інших дослідників більш адекватним є розгляд споживчого попиту виходячи із величини доходу населення [12].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Разом з цим недостатньо дослідженими залишилися питання визначення причинно-наслідкових зв’язків, що зумовлюють зміну значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування у міському сполученні. Внаслідок цього **метою дослідження** є оцінка значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування у містах.

Основні результати дослідження. У якості інтегральної характеристики шляхів пересування використовували узагальнену вартість пересування (узагальнені витрати) пасажира як суму наступних складників [13]:

$$C^k_{перij} = t^k_{перij} C_{год} + C^k_{дij} + T^k_{ij}, \qquad (1)$$

де $t^k_{перij}$ – загальні витрати часу на пересування між транспортними районами i та j за шляхом k, год;

$C_{год}$ – вартість однієї години вільного часу пасажира, грн./год;

$C_{дij}^{k}$ – зниження доходу пасажира на виробництві внаслідок пересування за шляхом k між транспортними районами i та j, грн.;

T_{ij}^{k} – величина плати за проїзд у маршрутному пасажирському транспорті за шляхом пересування k, грн.

Загальні витрати часу на здійснення пересування складаються із пішохідного руху, очікування пасажирами на зупинному пункті, поїздки у транспортному засобі та часу на здійснення пересаджень. Тривалість цих періодів зумовлена сукупністю факторів, що характеризують маршрутну систему та параметри перевізного процесу на маршрутах, які входять до шляху пересування.

Вартість однієї години вільного часу пасажира можна визначити як функцію від доходу пасажиру за залежністю, що представлена у праці [14].

Зниження доходу пасажира зумовлено розвитком транспортної стомлюваності внаслідок здійснення пересування та може бути використано як показник комфортабельності пересування.

Величина плати за проїзд зумовлена діючими тарифами на послуги громадського транспорту.

З урахуванням складових часу пересування та того, що зменшеня доходу пасажира залежить від зниження його виробітки на виробництві внаслідок впливу транспортної стомлюваності та величини його доходу, залежність (1) може бути представлена наступним чином:

$$C_{перij}^{k} = \left[t_{піш\,i}^{k} + t_{оч}^{z} + t_{поїзд}^{z} + t_{піш\,j}^{k}\right] C_{год} + \frac{Д_{м} W_{ij}^{k}}{Д_{рм} 100} + T^{z},\ z \in k, \qquad (2)$$

де $t_{піш\,i}^{k}$ - час пішого руху в транспортному районі i відправлення при здійсненні пересування за шляхом пересування k, год;

$t_{оч}^{z}$ - час очікування пасажирами на зупиночному пункті маршруту z, год;

$t_{поїзд}^{z}$ - час здійснення поїздки на маршруті z, год;

$t_{п}^{z}$ - час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадження, год;

$t_{піш\,j}^{k}$ - час пішого руху в транспортному районі j прибуття при здійсненні пересування за шляхом пересування k, год;

$Д_{м}$ - доход середньостатистичного пасажира за місяць, грн.;

W_{ij}^{k} - зниження виробітки пасажирів на виробництві внаслідок впливу транспортної стомлюваності при здійсненні пересування між пунктами i та j за шляхом пересування k, %;

$Д_{рм}$ - середня кількість робочих днів у місяці, дн.;

T^{z} - величина тарифу на маршруті z, грн.

Розглянемо фактори, що визначають тривалість складників часу пересування та відсоток зниження виробітки пасажирів на виробництві внаслідок впливу транспортної стомлюваності.

Витрати часу на пішохідний складник транспортного пересування визначаються відстанню та швидкістю пішого руху. Час очікування пасажирів на зупинному пункті залежить від маршрутного інтервалу, характеристик регулярності руху транспортних засобів та імовірності відмови пасажиру в посадці. Час здійснення поїздки обумовлено її відстанню та швидкістю сполучення на маршруті.

Зниження виробітки пасажирів на виробництві внаслідок впливу транспортної стомлюваності залежить від функціонального стану організму пасажира після здійснення пересування. Динаміка функціонального стану визначається за методикою, запропонованою Долею В.К. та Гюлєвим Н.У. [5, 10, 15], згідно до якої в якості впливових факторів враховують:

функціональний стан пасажира перед здійсненням пересування, час очікування на зупинному пункті, час поїздки та ступінь заповнення салону транспортного засобу при її здійсненні.

З урахуванням відомих залежностей формула (2) набуває наступного вигляду:

$$C^k_{перij} = \left[\sum_{i,j} \frac{l^k_{піш\ i(j)}}{V_{піш}} + \frac{l^z_{мп}}{V^z_c} + \left(\frac{l^z_{пл}}{2} + \frac{\sigma^2_z}{2l^z_{пл}} + \frac{P^z_{від}}{1-P^z_{від}} l^z_{пл} \right) \frac{1}{60} \right] C_{год} + \\ + \frac{Д_м(-0{,}0709 + 0{,}545(П^k - 3)^2)}{Д_{рм}100} + T^z, \tag{3}$$

де $l^k_{пеш\ i(j)}$ – відстань пішого руху відповідно у транспортному районі відправлення i та прибуття j при здійсненні пересування по шляху k, км;

$l^z_{мп}$ – відстань маршрутної поїздки на z-му маршруті, км;

V^z_c – швидкість сполучення на z-му маршруті, км/год;

$l^z_{пл}$ – плановий інтервал руху на маршруті z, хв.;

σ_z – середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху, хв.;

$P^z_{від}$ – імовірність відмови пасажиру в посадці на зупинному пункті маршруту z;

$П^k$ – показник, що характеризує функціональний стан організму пасажира наприкінці здійснення пересування за шляхом k, бали.

Згідно до представлених залежностей можна виділити такі критерії вибору шляху пересування: час пересування, тариф та транспортна стомлюваність.

Оцінка значущості цих критеріїв може бути здійснена за питомою вагою вказаних критеріїв в узагальненій вартості пересування. Питому вагу для цих критеріїв (частку їхнього внеску в узагальнену вартість пересування) визначаємо за наступними залежностями:

$$\Delta t^k_{перij} C_{год} = \frac{t^k_{перij} C_{год}}{C^k_{перij}};\ \Delta T^k_{ij} = \frac{T^k_{ij}}{C^k_{перij}};\ \Delta C^k_{дij} = \frac{C^k_{дij}}{C^k_{перij}}, \tag{4}$$

де $\Delta t^k_{перij} C_{год}$, ΔT^k_{ij}, $\Delta C^k_{дij}$ – відповідно питома вага критеріїв «час пересування», «тариф» і «транспортна стомлюваність» в узагальненій вартості пересування.

Для залежностей (4) виконується наступна рівність:

$$\Delta t^k_{перij} C_{год} + \Delta T^k_{ij} + \Delta C^k_{дij} = 1. \tag{5}$$

Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування залежить від соціально-економічних умов життя населення, параметрів транспортного обслуговування та величини плати за проїзд (рівня тарифів). Чим більша питома вага критерію в узагальненій вартості пересування тим більш значущім є цей критерій.

Для визначення впливу факторів, в якості вхідних даних були прийняті наступні (табл. 1).

Таблиця 1

Вхідні дані до розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування

№ п/п	Показник	Значення
1	Відстань пішого підходу до зупинного пункту, км	0,5
2	Плановий інтервал руху транспортних засобів на маршруті, хв.	5
3	Середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу, хв.	1,7

4	Імовірність відмови пасажиру в посадці	0
5	Відстань маршрутної поїздки пасажира, км	5
6	Швидкість сполучення, км/год	20
7	Коефіцієнт використання пасажиромісткості при здійсненні маршрутної поїздки	1
8	Величина тарифу, грн.	2
9	Відстань пішого руху від зупинного пункту до місця призначення, км	0,3

Для визначення впливу доходу пасажира на значущість критерію було розглянуто зміну питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від величини доходу пасажира за місяць. Величина доходу змінювалася в діапазоні від 800 до 3600 грн./міс. за сталих значень інших параметрів пересування. Графічну інтерпретацію розрахунків наведено на рис. 1.

Як стає зрозуміло з рис. 1, при низьких значеннях доходу пасажира найбільшу часку в узагальненій вартості пересування складає величина тарифу. Це пов'язано з тим, що дохід пасажира визначає вартісну оцінку вільного часу. Унаслідок цього при здійсненні пересування пасажири з низьким значенням доходу обиратимуть такий шлях, що забезпечить економію грошових витрат. Час пересування та транспортна стомлюваність для таких пасажирів є менш значущими.

Зі зростанням доходу пасажира критерій «тариф» не є визначальним. Більший вплив чинить час пересування та критерій транспортної стомлюваності. Із зазначеного випливає, що зі зростанням ве… мінімальні за часом та в більш …

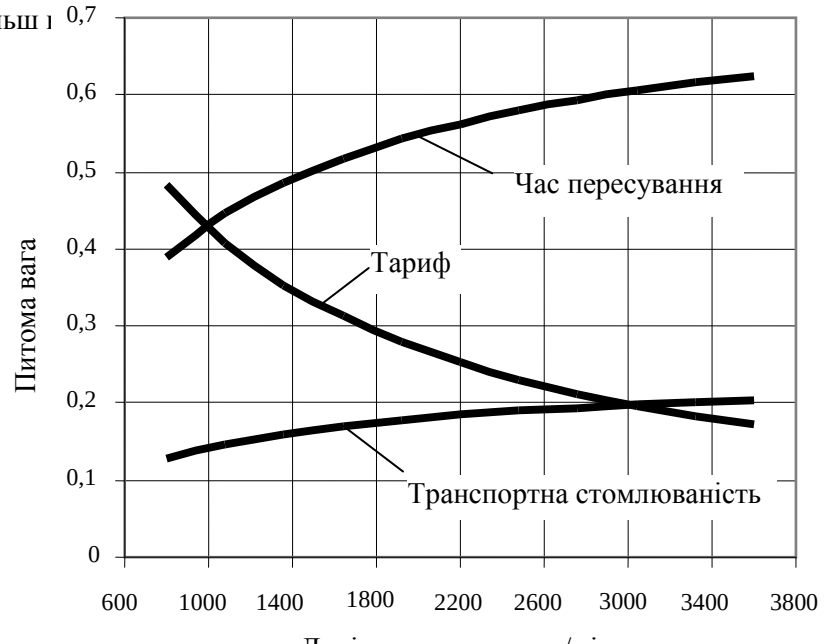


Рис. 1. **Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від величини доходу пасажира**

Отже, рівень доходів пасажирів є вагомим фактором, що визначає значущість критеріїв вибору, але не єдиним. Разом із тим слід розглянути вплив транспортних факторів на значущість критеріїв при різних значеннях доходу пасажира.

На наступному етапі розглянемо зміну питомої ваги критеріїв залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості при різних значеннях доходу пасажира (рис. 2 – 4).

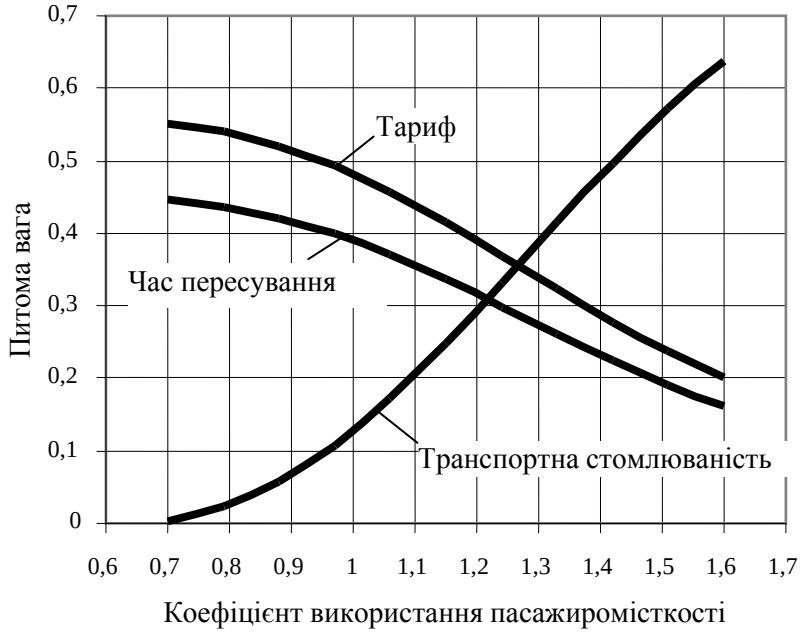


Рис. 2. **Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості (при величині доходу середньостатистичного пасажира у 800 грн.)**

За низьких значень коефіцієнта пасажиромісткості критерій «транспортна стомлюваність» практично не впливає на значення узагальненої вартості пересування. Це пов'язано з тим, що пасажири мають можливість здійснювати поїздку в комфортних умовах. Здійснення пересування в таких умовах не позначається на розвитку транспортної стомлюваності. Цим пояснюється низька питома вага критерію «транспортна стомлюваність» за малих значень коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу.

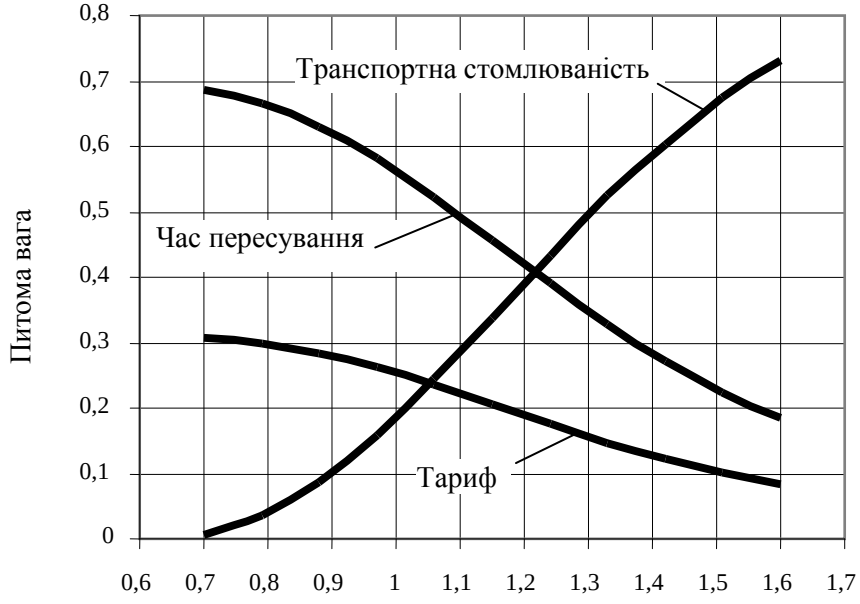


Рис. 3. **Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості (при величині доходу середньостатистичного пасажира у 2200 грн.)**

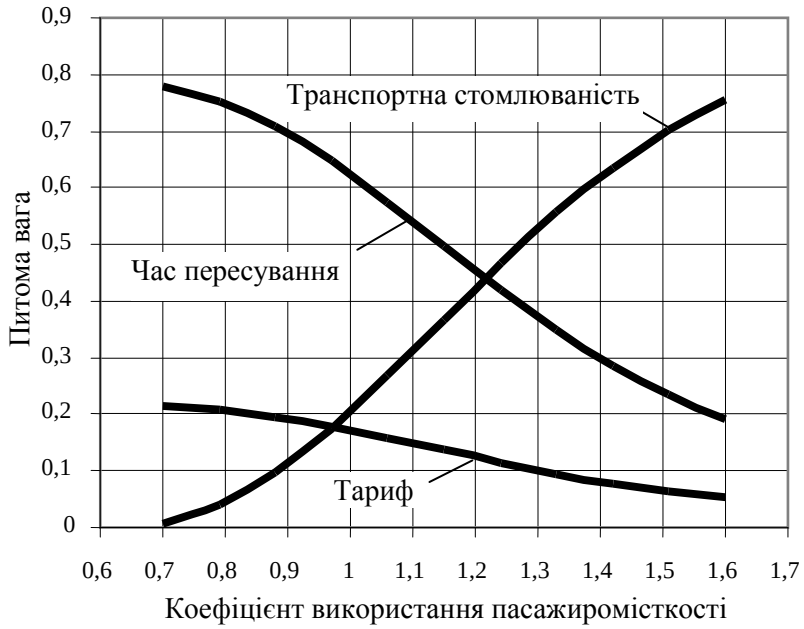


Рис. 4. **Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості (при величині доходу середньостатистичного пасажира у 3600 грн.)**

Зі зростанням коефіцієнта використання пасажиромісткості спостерігається зменшення значущості критеріїв «тариф» та «час пересування». При здійсненні поїздки у транспортному засобі з коефіцієнтом використання пасажиромісткості, що перевищує одиницю, критерій «транспортна стомлюваність» стає найбільш значущим. Такі значення коефіцієнта використання пасажиромісткості відповідають ступеню заповнення салону транспортного засобу, які перевищують нормативні (кількість пасажирів у розрахунку на 1 м^2 вільної площі підлоги перевищує 5 пас./ м^2).

Порівнюючи графіки зміни питомої ваги критеріїв за різної величини доходу пасажира можна дійти висновку, що тенденція зміни кривих у цілому залишається однаковою. Виключення становить більша вагомість у критерію «тариф», ніж «час пересування», за рівня доходу пасажира у 800 грн. Зі зростанням величини доходу спостерігається зменшення значущості критерію «тариф». Це пояснюється тими ж обставинами, що і для значущості критеріїв залежно від доходу пасажира (рис. 1).

Висновки. За результатами дослідження можна зробити висновок, що значущість критеріїв вибору пасажирами шляху пересування не є сталою величиною, а залежить від рівня життя населення, параметрів транспортного обслуговування та рівня тарифів на користування послугами міського пасажирського транспорту.

Збільшення доходів населення призводить до зростання значущості критеріїв «час пересування» та «транспортна стомлюваність», у той час як вартість пересування стає менш значущою. Здійснення поїздки у переповненому транспортному засобі (заповнення салону більше 5 пас./м^2) критерій транспортної стомлюваності стає найбільш вагомим. Внаслідок цього при недостатньому рівні транспортної пропозиції пасажири будуть обирати той шлях пересування, що дозволить здійснити поїздку у більш комфортних умовах, при цьому з більшою тривалістю поїздки або рівнем сплати за проїзд.

Напрямком подальших досліджень є оцінка взаємозв'язку між значущістю критеріїв та імовірністю вибору альтернативних шляхів пересування.

1. Грановский Б. И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах / Б. И. Грановский // Итоги науки и техники. Серия «Автомобильный и городской транспорт», т. 11. – М., 1986. – С. 67 – 107.
2. Кривошеев Д. П. Методы распределения пассажиропотоков в транспортных расчетах (обзор) / Д. П. Кривошеев. – М.: ЦНИИП градостроительства, 1974. – 40 с.
3. Рогова Г. Л. Моделирование выбора путей передвижения пассажиров в транспортных системах городов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.22.02 «Транс. системы городов и пром. центров» / Г. Л. Рогова – М., 1987. – 19 с.
4. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах / Я. Цибулка; пер. с чешск. И. В. Шварца. – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
5. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник / В. К. Доля. – Х.: Форт, 2010. – 504 с.
6. Давидич Ю. А. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта / Ю. А. Давидич, Д. П. Понкратов, Е. И. Куш, Е. Е. Вакуленко, В. И. Горносталь // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – Вып. 86. – С. 344 – 350.
7. Гульчак О. Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Оксана Дмитрівна Гульчак. – К., 2005. – 137 с.
8. Вдовиченко В. О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / В. О. Вдовиченко. – К., 2004. – 20 с.
9. Садыхова О. С. Выбор пассажиром пути следования / О. С. Садыхова // Городской транспорт и инженерная подготовка городской территории. Сб. науч. трудов ЛИСИ №91. – Л., 1974, – С. 33–41.
10. Доля В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах : автореф. дис. на соискание уч. степени д–ра техн. наук : спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / В. К. Доля. – М., 1993. – 42 с.
11. Горбачов П. Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / П. Ф. Горбачов. – Х., 2009. – 39 с.
12. Власов М. П. Моделирование экономических процессов / М. П. Власов, П. Д. Шимко. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 409 с.
13. Логістичні і ергономічні проблеми розвитку транспортних систем міст: монографія / [В.К. Доля, Є.І. Куш, Д.П. Понкратов та ін.] – Х.: НТМТ, 2013. – 203 с.
14. Мун Э. Е. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси / Э. Е. Мун, А. Д. Рубец. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
15. Гюлев Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 / Низами Уруджевич Гюлев. – Х., 1993. – 174 с.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2014.

©Д.П.Понкратов, Г.І.Фалецька

УДК 656.11

Ю.Я.Ройко, М.Ю.Євчук
Національний університет «Львівська політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ ДІЛЯНКИ МІСЬКОЇ МАГІСТРАЛЬНОЇ ВУЛИЦІ

У роботі наведено існуючі підходи щодо визначення оптимальної довжини ділянки міської магістральної вулиці виходячи з умов руху пішохідних, пасажирських, вантажних та транспортних потоків, а також з погляду ефективного функціонування систем організації та управління дорожнім рухом.

Ключові слова: *вулично-дорожна мережа, перехрестя, житловий квартал, пішохідний потік, транспортний потік, пасажирський потік, транспортна мережа.*

Форм 8. Літ 13.

Ю.Я. Ройко, М.Ю. Евчук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ УЧАСТКА ГОРОДСКОЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЫ

В работе приведены существующие подходы к определению оптимальной длины участка городской магистральной улицы исходя из условий движения пешеходных, пассажирских, грузовых и транспортных потоков, а также с точки зрения эффективного функционирования систем организации и управления дорожным движением.

Ключевые слова*: улично-дорожная сеть, перекресток, жилой квартал, пешеходный поток, транспортный поток, пассажирский поток, транспортная сеть.*

Y.Royko, M.Yevchuk

THE OPTIMAL LENGTH DETERMINATION OF THE SECTION OF THE URBAN ARTERIAL STREET

Existing approaches for determination the optimal length determination of the section of the urban arterial street based on conditions of pedestrian, passenger, freight and transport flows and efficiency of traffic management and control systems are given. It was estimated the main factors that have determining influence on formation of these flows depending on street network geometry and road conditions changes.

Key words*: street network, intersection, residential area, pedestrian flow, traffic flow, passenger flow, transport network.*

Постановка проблеми

Проблемою більшості сучасних міст є підвищення ефективності функціонування міської транспортної мережі. Це зумовлено постійним ростом інтенсивності руху та відсутністю резервів для зміни параметрів вулично-дорожньої мережі (ВДМ) з метою збільшення її пропускної здатності. Постійно виникають завдання створення оптимальної системи шляхів сполучення, яка б відповідала вимогам організації міського руху, природнім потребам міста тощо. За таких умов досягти ефекту намагаються організаційними методами. До таких відносять: спеціалізацію смуг руху, впровадження систем адаптивного та координованого регулювання, облаштування місць тимчасової та постійної стоянки транспортних засобів тощо, але такі заходи не завжди мають значний ефект на різних елементах ВДМ. Такими елементами є перехрестя та ділянки вулиць і доріг, які їх з'єднують. Ті заходи, які є успішними для перехресть, не завжди є оптимальними для ділянок вулиць між ними, і навпаки. На сьогодні існують різновиди понять ділянок ВДМ з погляду транспортних, пішохідних та пасажирських потоків. Відповідно й вимоги до цих ділянок різні. Основним завданням перехресть є реалізація намірів учасників дорожнього руху змінити його напрямок і забезпечити якісні показники безпеки, тобто здійснити перерозподіл транспортного потоку. Таким завданням ділянок між перехрестями є забезпечення швидкого та якісного зв'язку між вузловими пунктами ВДМ, якими є перехрестя, з дотриманням умов безпеки руху та забезпечення існуючих і перспективних тенденцій розвитку транспортної системи урбанізованого простору, який розглядається.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

©Ю.Я.Ройко, М.Ю.Євчук

Розглядаючи пішохідні потоки, слід звернути увагу на два аспекти – принципи їх формування в межах житлових кварталів та закономірності переміщень пішоходів в межах пішохідних переходів на перехрестях та ділянках вулиць між ними [3,8]. За будь-яких обставин переміщення пішохідних потоків відбувається між пунктами тяжіння, якщо вони розміщені на відстані пішохідної досяжності (за іншого випадку пішохідний потік трансформується у пасажирський), від місця проживання до зупинного пункту і навпаки [3,6-8]. Абсолютна більшість пішохідних кореспонденцій здійснюється в межах житлових кварталів та житлових районів [8].

З точки зору пасажирських та вантажних перевезень існують математичні моделі для визначення оптимальних довжин ділянок ВДМ або довжин перегонів, які ґрунтуються на критерії мінімуму витрат [6-8].

Розглянуті підходи стосуються пішохідних та пасажирських потоків і недостатньо враховують параметри транспортних потоків та мають ряд недоліків, зокрема не враховані витрати на переміщення транспортних засобів ділянкою мережі; витрати на будівництво, ремонт та експлуатацію дороги; режими роботи місць зупинки транспортного потоку тощо [4-6].

За таких умов доцільно оцінити поведінку транспортного потоку та формування закономірностей між його основними первинними характеристиками.

Невирішені раніше частини загальної проблеми

У розглянутих роботах наведено наукові підходи щодо розв'язання певного кола питань з оптимізації всіх видів переміщень, які відбуваються на вулично-дорожній мережі з огляду лише або одного учасника руху, або одного виду перевезень. За такого випадку, є можливим знаходження певної оптимальної відстані планувальної ділянки ВДМ, але залишається, у повній мірі, нерозв'язаним питання такої оптимізації, коли розглядається система переміщень всіх учасників руху та видів перевезень, оскільки оптимальні показники, з точки зору однієї ланки транспортної системи, можуть не відповідати таким же критеріям іншої. Тоді виникає питання не оптимізації, а раціоналізації, яке б дозволило створити такі умови у транспортній системі, які б задовольняли всіх учасників руху та підвищували б ефективність всіх видів переміщень.

Мета дослідження

У процесі теоретичних та практичних досліджень авторами поставлена наукова гіпотеза, яка ґрунтується на твердженні, що для всіх урбанізованих просторів існує раціональна геометрія шляхів сполучення, яка забезпечує найефективніші показники для всіх видів переміщень пішоходів, пасажирів, вантажів та транзитних потоків за будь-якого стану системи «транспортні потоки – дорожні умови».

Основні результати досліджень

Важливим показником, який характеризує ступінь компактності міської території загалом і транспортних районів зокрема, а також раціональність мережі міських шляхів сполучення, є віддаленість населення – середньозважена відстань, на яку розселяється населення міста від того або іншого пункту тяжіння [13]. Одним з основних критеріїв у межах житлових кварталів є величина затрати часу на пішохідний підхід до зупинних пунктів магістральних ліній громадського транспорту, яка залежить від довжини цього підходу. Довжину пішохідного підходу від місця відправлення до зупинного пункту можна розділити на дві ділянки – поперечну (l_{non}) та поздовжню ($l_{пов}$). Вона становитиме [14]:

$$l_{піш} = l_{non} + l_{пов} \tag{1}$$

Якщо міжмагістральний простір (територія житлового кварталу, району) розділити на чотири зони з ознакою тяжіння до зупинних пунктів громадського транспорту, то середні величини поперечних та поздовжніх складових пішохідного підходу становитимуть: $\overline{l_{non}} = L_м / 4$ та $\overline{l_{пов}} = l_0 / 4$, де $L_м$ - відстань між магістральними лініями, км; l_0 - довжина прогону (відстань між зупинними пунктами громадського транспорту), км.

©Ю.Я.Ройко, М.Ю.Євчук

Таким чином, $\overline{l_{піш}} = 0{,}25\left(L_м + l_0\right)$, а затрати часу на середній пішохідний підхід складатиме [14]:

$$\overline{t_{піш}} = 0{,}15\left(L_м + l_0\right) / v_{піш} \ , \tag{2}$$

де $v_{піш}$ - швидкість руху пішохода, км/год.

Звідси, відстань між магістральними вулицями [14]:

$$L_м = \left(v_{піш} \cdot t_{піш} - 15 l_0\right) \cdot 15 \tag{3}$$

Отже, виходячи з умов пішохідного руху, оптимальна довжина ділянки між магістралями залежить від швидкості пішоходів та довжини прогону. Використовуючи умови, що $v_{піш} = const$ та $l_0 = const$, за витрат часу на піший підхід 4 – 6 хвилин та оптимальної щільності транспортної мережі 2 – 3,5 км/км^2, робимо висновок, що оптимальна довжина між магістралями має дорівнювати 600 – 1000 м.

Пішохідні потоки прямують не лише до зупинних пунктів, але й до переходів через проїзну частину, які можуть розміщуватись як у межах перехресть, так і на ділянках вулиць між ними. Такі переходи бувають наземними, надземними та підземними [4,11]. Переважна кількість пішохідних переходів – наземні. Їх облаштовують на всіх перехрестях вулиць, ділянках між ними, біля будинків та споруд, які генерують пішохідні потоки [11]. Загальними завданнями проектування пішохідних переходів є розрахунок їх пропускної здатності та вибору місця по довжині вулиці для їх розміщення.

Розглянемо закономірності формування пішохідних потоків в межах пішохідних переходів та розміщення цих переходів з погляду визначення раціональної відстані між ними. Нормативами встановлено, що пішохідні переходи з проїзною частиною облаштовуються через вулиці (дороги) на відстані один від одного в межах 150 – 300 м залежно категорії цих проїзних частин [11]. Проте, іноді їх розміщення обґрунтовується наявністю об'єктів, які генерують або притягують великі за обсягом пішохідні потоки. Проблемою нерегульованих пішохідних переходів є те, що пішохід у будь-який момент має можливість скористатися своїм правом на пріоритетний перетин проїзної частини і зупинити транспортний потік, спричинивши виникнення затримок у ньому і, тим самим, змінити оптимальні характеристики в умовах його руху, які вдалось досягти на певній ділянці ВДМ. Тому вибір місця облаштування такого переходу має бути обґрунтованим і, за можливості, не створювати додаткових проблем для інших учасників руху. На магістральній ВДМ, виходячи з таких умов, облаштовувати нерегульовані пішохідні переходи недоцільно, тому в таких випадках проектують регульовані пішохідні переходи.

За результатами такого аналізу та, виходячи з умов нормативних документів, можна стверджувати, що мінімальна відстань між регульованими пішохідними переходами має становити 250 – 300 м.

У роботах [6,7] зроблено акцент на визначенні оптимальної довжини перегону, використовуючи критерій мінімуму витрат часу на переміщення населення. Результатом є математична модель такого вигляду [7]:

$$l_{n.опт} = \sqrt{\frac{2V_{піш} \cdot t_{зп} \cdot l_{сер} \cdot \varepsilon_{тр}}{\varepsilon_{піш} \cdot k_{нп} \cdot k_{вз}}} \ , \tag{4}$$

де $t_{зп}$ – час стоянки транспортного засобу на зупинному пункті, год;

$l_{сер}$ – середня довжина поїздки, км;

$\varepsilon_{піш}, \varepsilon_{тр}$ – вагові коефіцієнти психологічної оцінки пасажирами витрат часу на пересування ($\varepsilon_{піш} = 2;\ \varepsilon_{тр} = 1$);

$k_{нп}, k_{вз}$ – коефіцієнти непрямолінійності підходу та вибору зупинного пункту відповідно.

Використовуючи критерій мінімуму витрат [3], отримаємо таку залежність:

$$l_n^{опт} = \sqrt{\frac{(t_{сп-пр} + t_{оч}) \cdot l_{сер} \cdot V_{піш}}{2 \cdot a}} \ , \tag{5}$$

де $t_{сп-пр}$ – середній час сповільнення та прискорення транспортного засобу, год;

$t_{оч}$ – час очікування, год;

a – константа зведення.

Обидва підходи за основну змінну використовують середню довжину поїздки, яка є функцією транспортної роботи. Але відомо, що транспортна робота може змінюватися залежно величини пасажиропотоків на перегонах [1,2,8]. Отже, неможливо використовувати усереднені показники для визначення довжини перегонів на всьому маршруті.

Більш досконалий метод визначення оптимальної довжини перегону запропонований у роботі [8]. Він ґрунтується на критерії мінімуму витрат суспільства й дозволяє визначати оптимальну довжину перегону на поточній довжині маршруту:

$$l_n^{опт} = \sqrt{\frac{2 \cdot V_{піш}(t_{зп} \cdot C_{пг} \cdot F(x)_{сл} + C_{зп} + t_{зп}^{'} \cdot N_г \cdot C_г)}{F(x)_{вх} \cdot k_{нп} \cdot k_{вз} \cdot k_{рм} \cdot C_п}}, \quad (6)$$

де $C_{пг}$ – вартість часу перебування пасажира в салоні транспортного засобу, грн./год.;

$F(x)_{сл}$ – пасажиропотік слідування, пас./добу;

$C_{зп}$ – витрати на утримання зупинного пункту, грн./добу;

$t_{зп}^{'}$ – загальний час простою транспортних засобів на зупинному пункті за добу, год./добу;

$N_г$ – кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, кг/год.;

$C_г$ – вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, грн./кг;

$F(x)_{вх}$ – вхідні пасажиропотоки, пас./добу·км;

$k_{рм}$ – коефіцієнт рельєфу місцевості;

$C_п$ – вартість пішого руху, грн./год.

Оптимізаційні залежності довжини перегону (4) – (6) отримані за умови, що технічна швидкість $V_T = const$, інтервал руху $I = const$ та $t_{зп} = const$. У роботі [9] отримано таку залежність середньої довжини перегону

$$l_{п.сер} = 0{,}26\gamma + 0{,}07 l_{ср} - 0{,}003 V_П - 0{,}04 \frac{U}{q_н} + 0{,}03 K_{зм}, \quad (7)$$

де γ – коефіцієнт використання місткості транспортного засобу;

$V_П$ – швидкість транспортного потоку, км/год;

U – питома потужність двигуна, кВт;

$q_н$ – номінальна місткість транспортного засобу, пас.;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності пасажирів.

У роботі [5] досліджено процес руху вантажного транспорту на дорогах й отримано математичну модель оптимальної довжини перегону:

$$l_n^{опт} = \frac{\overline{V_a}}{a_N - в_N \cdot N - \overline{V_a}} \times \sqrt{\frac{a_N - в_N \cdot N \cdot \left(1000 \cdot (a_N - в_N) \cdot N - \left(\overline{l_a} + \overline{l_б}\right) \cdot N\right) \cdot T_{зуп} \cdot C_{зуп}}{500 \cdot N \cdot \overline{C_{рух}}}}, \quad (8)$$

де $\overline{V_a}$ – середня швидкість автомобіля, км/год;

a_N, $в_N$ – коефіцієнти моделі, що залежать від інтенсивності руху;

$\overline{l_a}$ – середня габаритна довжина автомобіля, м;

$\overline{l_б}$ – середня безпечна довжина шляху, м;

$T_{зуп}$ – тривалість зупинки автомобіля, год;

$C_{зуп}$ – витрати на одну годину зупинки автомобіля, руб;

$\overline{C_{рух}}$ – середня вартість однієї години простою автомобіля транспортного потоку, руб;

Моделі (4) – (8) дають оптимальну довжину ділянки ВДМ у межах 300 – 1500 м. Режим руху транспортних засобів на міських магістралях залежить від ряду чинників: рядність руху, наявність пішохідних доріжок і тротуарів, склад потоку, частота розміщення світлофорів та тривалість їх циклів тощо. Щільність транспортного потоку починає змінюватися за 250 – 300 м до межі зміни режиму регулювання (зона обмеження швидкості, наявності перехрестя, наявності кривої в плані та профілі тощо) і досягає найбільшого значення через 150 – 200 м після цієї межі. Після досягання максимальної величини щільність потоку залишається постійною, якщо довжина ділянки магістральної вулиці (дороги) складає 150 – 200 м. За такої умови зберігається групоподібний характер транспортного потоку, що надає йому стабільності. На ділянках довжиною 200 – 700 м у транспортному потоці починають утворюватись «пачки» автомобілів, які утворюють ті транспортні засоби, що мають близькі за величиною динамічні показники. Цей момент перерозподілу автомобілів у межах транспортного потоку є найбільш нестабільним. Через 700 – 800 м від межі зміни режиму регулювання характер розподілу інтервалів потоку стабілізується. Величина цих відстаней суттєво залежить від складу транспортного потоку [13].

Практично група автомобілів розпадається на окремі підгрупи чи поодинокі автомобілів вже після 70 – 100 с від початку руху, тобто на відстані 1000 – 1200 м від перехрестя.

На більш коротких відстанях (100-150 м) різких проявів дифузії транспортного потоку ще не спостерігається. За проміжок часу, який менший циклу світлофора, потік ще не встигає порушити свою макроскопічну структуру, він ще асимптотично стабільний [12].

Висновки

У результаті теоретичних досліджень, проведених на даний час, встановлено найменші та найбільші параметри довжини ділянки міської магістральної вулиці, які дозволяють забезпечити ефективніші умови функціонування транспортної системи з точки зору пішохідних, пасажирських та транспортних потоків, а також визначено основні чинники, які мають найбільший вплив на стійкість цієї системи і дають можливість сформулювати основні методики подальших практичних досліджень, з метою встановлення величини такого впливу.

1. Hall P. Urban and regional planning / P. Hall. – London and New York : Routledge, 2002. – 237 p.
2. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
3. Ziari H. Locating stations of public transportation vehicles for improving transit accessibility / H. Ziari, M. R. Keymanesh, M. M. Khabiri // Transport. – 2007. – № 2. – P. 99–104.
4. Безлюбченко О. С. Планування і благоустрій міст / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний, Т. О. Черноносова: Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 191 с.
5. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – М. : Транспорт, 1986. – 447 с.
6. Гудков В. А. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. – М. : Транспорт, 1997. – 254 с.
7. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. – М. : Высшая шк., 1980. – 535 с.
8. Єрмак О. М. Розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / О. М. Єрмак. – Х., 2010. – 22 с.
9. 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.
10. 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).
11. Рушевский П.В. Организация и регулирование движения с применением автоматических средств управления : [учебное пособие] / П.В. Рушевский . – М. : «Высшая школа», 1974. – 238 с.
12. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
13. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов / М. С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1985. – 239 с.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014.

©Ю.Я.Ройко, М.Ю.Євчук

УДК 515.2

В.Р.Самостян
Луцький національний технічний університет

РЕАГУВАННЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФІЛЮ ДОРОГИ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ ТРАСИ ДОРОГИ

В роботі розроблено алгоритм формування поперечних профілів автомобільної дороги враховуючи геометричні характеристики траси дороги. Запропонований алгоритм зводить процес проектування автомобільної дороги з трьох до двох етапів: проектування плану траси і повздовжнього профілю як однієї просторової лінії із заданими геометричними параметрами та проектування поперечного профілю дороги. Реагування поперечного профілю дороги залежить від радіусів кривини у кожній точці дискретної просторової моделі траси дороги. В роботі також розглядається процес побудови дискретної моделі полотна ділянки автомобільної дороги із врахуванням всіх необхідних геометричних характеристик, які висуваються будівельними нормами і правилами до формування автомобільних доріг. При розробці даних алгоритмів використовувались основи аналітичної геометрії та методи дискретного геометричного моделювання кривих ліній та поверхонь.

Ключові слова: *траса дороги, поперечний профіль, автомобільна дорога, відгін віражу, геометричні характеристики.*

Рис. 5. Форм. 3. Літ. 9.

В.Р. Самостян

РЕАГИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ДОРОГИ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ТРАССЫ ДОРОГИ.

В работе разработан алгоритм формирования поперечных профилей автомобильной дороги, учитывая геометрические характеристики трассы дороги. Предложенный алгоритм возводит процесс проектирования автомобильной дороги из трех до двух этапов: проектирования плана трассы и продольного профиля как одной пространственной линии с заданными геометрическими параметрами и проектирования поперечного профиля дороги. Реагирование поперечного профиля дороги зависит от радиусов кривизны в каждой точке дискретной пространственной модели трассы дороги. В работе также рассматривается процесс построения дискретной модели полотна участка автомобильной дороги с учетом всех необходимых геометрических характеристик, которые выдвигаются строительными нормами и правилами к формированию автомобильных дорог. При разработке данных алгоритмов использовались основы аналитической геометрии и методы дискретного геометрического моделирования кривых линий и поверхностей.

V. Samostyan

REACTING OF TRANSVERSAL TYPE OF ROAD ON GEOMETRICAL DESCRIPTIONS OF SPATIAL MODEL OF ROUTE OF ROAD.

The algorithm of forming of transversal types of highway is in-process developed, taking into account geometrical descriptions of route of road. The offered algorithm is erected by the process of planning of highway from three to two stages: planning of plan of route and longitudinal type as one spatial line with geometrical preset parameter and planning of transversal type of road. Reacting of transversal type of road depends on the radiuses of curvature in every point of discrete spatial model of route of road. In-process the process of construction of discrete model of linen of area of highway is also examined taking into account all necessary geometrical descriptions which are pulled out build norms and rules to forming of highways. For development of these algorithms bases of analytical geometry and methods of discrete geometrical design of the crooked lines and surfaces were used.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку нашої держави будівництво якісно нових, європейських автомобільних доріг відіграє важливу роль. Автомобільна дорога повинна за рахунок якості проекту, використання сучасних будівельних технологій забезпечувати зручний і безпечний рух автотранспортних засобів, що рухаються з розрахунковою швидкістю та навантаженням, сприяти найменшому зношенню автомобілів, чим забезпечити найменшу собівартість перевезень [1].

В роботах проф. Сахно В.П. та його учнів [2, 3] розглядались питання стійкості, керованості та маневреності автомобілів та автопоїздів, що їздять по вже існуючих автомобільних дорогах. В даній роботі розглядається інший бік проблеми – будівництво нових автомобільних доріг із забезпеченням стійкості та керованості автомобілів та автопоїздів, що рухатимуться по них.

©В.Р.Самостян

Раціональна експлуатація доріг забезпечується швидкістю та щільністю руху автомобільного транспорту, які в свою чергу залежать від конструктивних властивостей автомобіля, геометричних характеристик проектованої автомобільної дороги, типу дорожнього одягу та стану покриття проїзної частини.

Стан покриття автомобільної дороги характеризується плавністю траси, рівністю і шорсткістю проїзної частини. Плавність і рівність покриття зумовлюють можливість руху автомобілів та автопоїздів зі сталими високими швидкостями.

Від так, саме геометричні параметри траси дороги та її поперечних профілів мають суттєвий вплив на комфортний та безпечний рух автотранспортних засобів.

Аналіз останніх досліджень. Формуванню автомобільних доріг з врахуванням різного роду геометричних параметрів було присвячено достатньо багато робіт вченими, що працюють в автомобільній галузі [4, 5]. Однак в більшості робіт відсутній комплексний підхід до врахування геометричних характеристик, який пов'язаний перш за все із недостатнім застосуванням сучасних досягнень вчених, що працюють в області геометричного моделювання технічних об'єктів.

В роботах вчених, які працюють в галузі прикладної геометрії, опосередковано розглядались питання оптимізації трасування [6], врахування геометричних вимог до проектування таких окремих елементів дороги, як план траси та її повздовжній профіль [7]. Однак у наведених роботах відсутні дослідження із побудови моделей поверхні полотна дороги, яка б відповідала всім вимогам до безпечного руху автотранспортних засобів.

Формулювання мети досліджень. Метою даної роботи є розробка алгоритму реагування поперечного профілю дороги на геометричні характеристики просторової моделі траси дороги, розробка алгоритму побудови дискретної моделі полотна автомобільної дороги із забезпеченням виконання будівельних норм і правил.

Основна частина. В сучасних системах автоматизованого проектування автомобільної дороги процес врахування її геометричних характеристик проходить у три етапи:

- проектування плану траси;
- проектування повздовжнього профілю;
- проектування поперечного профілю дорожнього полотна.

В роботі [8] були розроблені алгоритми формування дискретної моделі просторової кривої із заданими функціями зміни кривини та скруту, що дозволило звести процес проектування автомобільної дороги до двох етапів. Тобто, проектування плану траси і повздовжнього профілю зводилось до одного етапу.

Вихідними даними для проектування автомобільної дороги на місцевості зі складним рельєфом, як правило, є контрольні або реперні точки, які фіксуються проектувальниками на певній місцевості, виходячи з ряду економічних вимог, геометричних характеристик рельєфу, оптимізації майбутніх будівельних робіт.

Реперні точки вибираються і встановлюються відповідно до складності рельєфу місцевості, на якій буде розташовуватись майбутнє дорога.

В процесі дискретного моделювання просторової кривої траси за заданими умовами необхідним є постійне корегування її геометрії. Корегування геометричних характеристик моделі можна здійснювати шляхом ітерацій. Найбільш ефективним методом для створення дискретних алгоритмів ітерацій є статико-геометричний метод моделювання [9], який дозволяє виражати вказані характеристики моделі через зовнішнє формоутворююче навантаження у вузлах образу.

Перше наближення просторової моделі траси дороги формується шляхом розв'язання системи скінчено-різницевих рівнянь статико-геометричного методу. За знайденими координатами дискретної моделі у першому наближені визначають значення кривини та скруту у реперних точках, за якими знаходять функції їх розподілу. Відповідно будівельним нормам і правилам для забезпечення стійкості, сталої швидкості та безпечного руху автомобілів функції кривини та скруту вибираються або за рівномірним (ділянки кіл), або за лінійним (ділянки клотоїд) законом розподілу.

Уточнення дискретної моделі просторової кривої проходить в процесі ітерацій з постійним уточненням геометричних характеристик моделі через уточнення складових функції зовнішнього формоутворюючого навантаження.

Ітераційний процес формування дискретної моделі автомобільної траси закінчується якщо різниця значень координат просторової кривої попереднього і наступного наближення не перевищує заданої похибки Δ_i.

Так як, наступним етапом проекту є визначення геометричних характеристик поперечних профілів дороги, то поряд із вже наявною інформацією про трасу, необхідно додатково визначити ще ряд геометричних параметрів, таких як: дискретних аналогів радіусів кривини у всіх точках просторової моделі кривої, дискретних аналогів радіусів кривини її ортогональної проекції на площину горизонту, геометричних взаємовідношень між даними величинами (рис. 1).

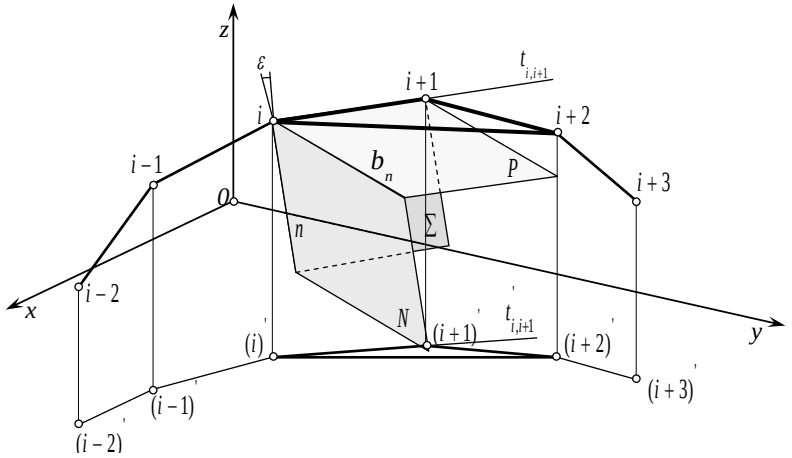


Рис. 1. **Вибір геометричних параметрів для формування поперечних профілів**

Опустивши ряд математичних викладок та перетворень, основний вираз для визначення геометрії поперечних профілів можна подати у вигляді:

$$r_{(Пр\Delta(i,i+1,i+2))} = \frac{Ппl_{i,i+1} \cdot Ппl_{i+1,i+2} \cdot Ппl_{i,i+2}}{K_i \cdot \cos\varepsilon_i \cdot l_{i,i+1} \cdot l_{i+1,i+2} \cdot l_{i,i+2}} \qquad (1)$$

де $r_{(Пр\Delta(i,i+1,i+2))}$ – радіус кривини проекції просторової кривої;

$Ппl_{i,i+1}$ – довжина ланок кривої на ортогональній проекції.

Згідно будівельних норм [1] розрізняють три види поперечних профілів:

Двоскатний параболічний – влаштовують на широких проїзних частинах доріг з серпоподібним профілем. Параболічний профіль створює плавне спряження лівої та правої половин проїзної частини;

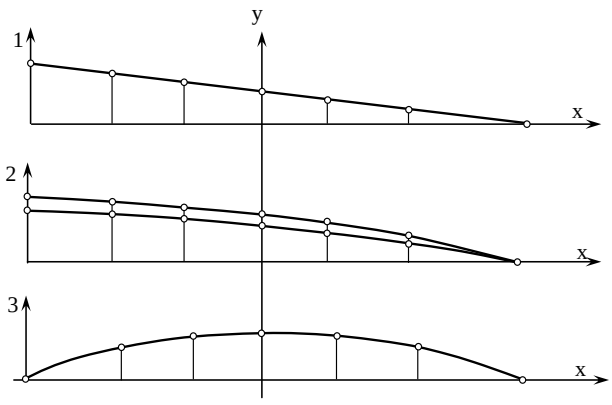


Рис. 2. Різновиди поперечних профілів

Односкатний параболічний – влаштовують в більшості випадків на дорогах з твердим покриттям, він слугує переходом від односкатного прямолінійного профілю до двоскатного параболічного профілю і називається відгоном віражу;

Односкатний прямолінійний – влаштовують на заокругленнях дороги, так званих віражах.

На крутих поворотах з малими радіусами кривини ускладнюється керування автомобілем, виникає можливість його заносу і перекидання під впливом відцентрової сили, а також понижується комфорт для пасажирів та водія, які змушені сприймати дію відцентрової сили. Для того щоб уникнути занос автомобіля, внутрішню поперечну силу необхідно зрівняти протидіючою їй поперечною силою зчеплення між колесами і дорогою. Для усунення вказаних недоліків влаштовують віражі та відгони віражу. При проектуванні відгонів віражу відцентрова

сила змінюється поступово, крім того, при їзді по ній водій повертає кермо плавно, що полегшує керування автомобілем.

Для забезпечення стійкості автомобіля при русі по кривих малого радіуса проектують віражі. Нахил віражу влаштовується в залежності від радіуса кривини і ділянки місцевості прокладання дороги, але не менше поперечного нахилу проїзної частини.

Відгони віражу проектують при радіусах кривини не більше 2000 метрів, при радіусах більше 2000 метрів недоліки дороги стають незначними і необхідність влаштовування відгонів віражу і віражів відпадає.

Геометричні параметри траси дороги є визначальними для підбору поперечних профілів дороги, а через них, для знаходження відповідних їм моделей покрайків дороги (рис. 3). Координати просторових кривих покрайків визначаємо із системи:

$$\begin{cases} (xw_i - x_i)\cdot m_i - (yw_i - y_i)\cdot l_i = 0 \\ (xw_i - x_i)\cdot \Delta z_i - (zw_i - z_i)\cdot l_i = 0 \\ \sqrt{(xw_i - x_i)^2 + (yw_i - y_i)^2 + (zw_i - z_i)^2} = 3.75 \end{cases} \qquad (2)$$

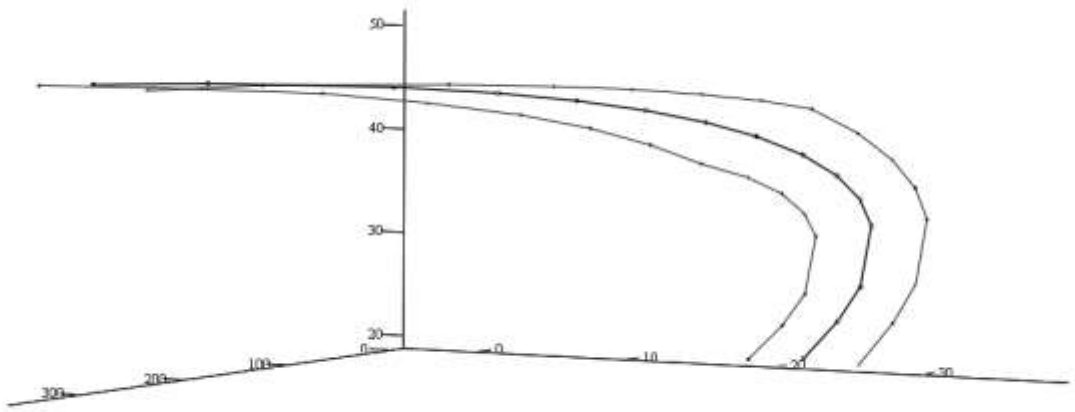


Рис. 3 **Формування траси дороги та покрайків дороги.**

В залежності від дискретних аналогів диференціальних характеристик траси, та вимог до безпечного руху автотранспортних засобів коректуються координати моделей покрайків полотна:

$$\begin{aligned} zwp_i^{'} &= z_i + \Delta z_i - vp_i \\ zwl_i^{'} &= z_i - \Delta z_i - vp_i \end{aligned} \qquad (3)$$

де z_i – координати вузлів дискретної моделі просторової кривої;

vp_i – величина підйому або земляного насипу;

$zwp_i^{'}, zwl_i^{'}$ – відкоректовані координати правого та лівого покрайку.

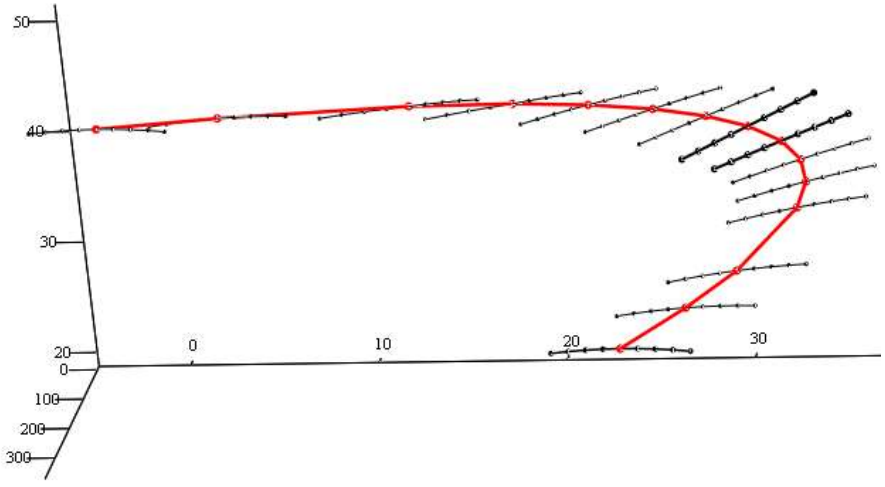


Рис. 4. **Формування поперечних профілів дороги.**

Врахувавши вище зазначені вимоги формуються поперечні профілі автомобільної дороги у кожній точці дискретної моделі просторової кривої, яка є середньою лінією траси дороги (рис. 4). Наступним етапом є формування полотна ділянки автомобільної дороги із забезпеченням виконання вище зазначених вимог (рис. 5).

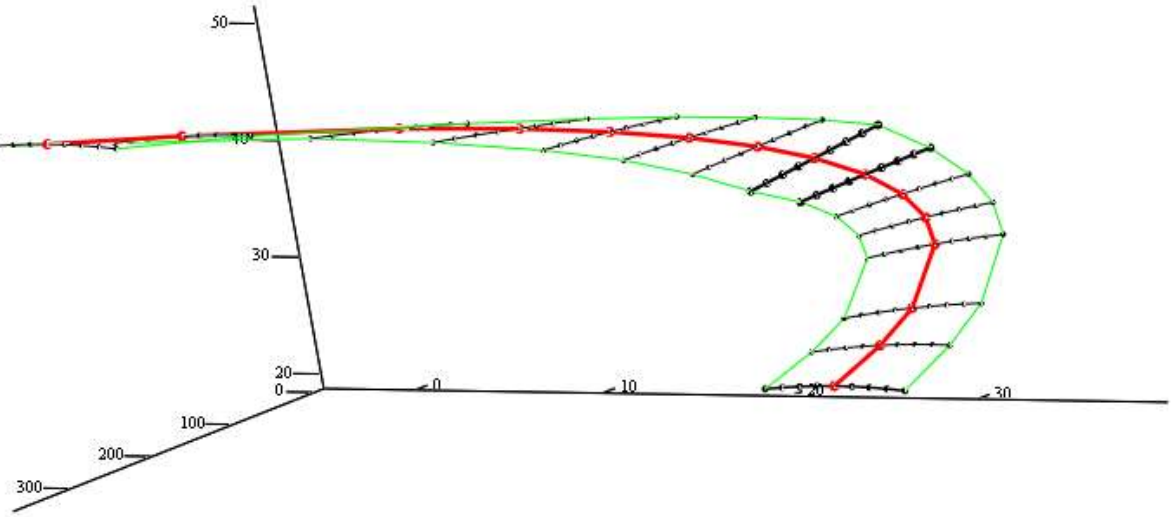


Рис.5. **Дискретна модель полотна ділянки автомобільної дороги.**

Висновки. Проведені дослідження та запропонована методика формування дискретних моделей ділянок автомобільних доріг дозволяють значно спростити процес проектування автомобільної дороги. Запропоновані алгоритми відповідають всім необхідним вимогам поставленим до проектування автомобільної дороги із забезпеченням сталої швидкості та безпечного руху автомобільного транспорту по них. Результати досліджень були прийняті до уваги державним підприємством з проектування автомобільних доріг «УКРДІПРОДОР».

1. Ройзман А.С. Пособие по проектированию автомобильных дорог / А.С. Ройзман /- М.: Высшая школа, 1975. – 216 с.
2. Сахно В. П. Маневреність та безпека руху триланкових автопоїздів різних компонувальних схем / В. П. Сахно, П. О. Гуменюк, Р. М. Марчук, В. П. Онищук, В. М. Придюк // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. Науковий журнал. – 2011. – Вип. 4. – С.159-162.
3. Стельмащук В. В. До визначення показників маневреності автопоїзда-контейнеровоза / В. В. Стельмащук, В. В. Лотиш, В. М. Придюк, П. О. Гуменюк // Вісник СевНТУ. Вип. 122/2011. – Севастополь, 2011. – С.69-72.
4. Гофман В.А. Общий курс автомобильных дорог / В.А.Гофман, Г.А. Ромаданов /. – М.: Транспорт, 1982. – 193с.
5. Сухой С.В. О методе косвеного измерения формы гладких пологих поверхностей. // Вісті Автомобільно-дорожного інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ.-Горлівка,2005.-№1.-82с.
6. Витюк О.П. Геометричекое моделирование в задаче оптимального трассирования автомобильных дорог. Дис…кан. техн. наук. 05.01.01 / К.: КИСИ, 1985.- 121с.
7. Ботвіновська С.І. Дискретне моделювання обрисів магістральних перехрещень за керуючими чинниками параметрів натуральних рівнянь. Автореф. дис….. канд. техн.наук: 05.01.01/ Київ, 2003. -18с.
8. Пустюльга С.І. Вплив геометричних характеристик автомобільних доріг на безпеку руху транспорту / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян /. Міжнародна науково-практична конференція "Сучасні проблеми геометричного моделювання". // Наукові Нотатки ЛДТУ.- Вип. 22. Луцьк, 2008, с.294-298.
9. Ковалев С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций. Дисс. докт. техн. наук. – М., 1986. – 348 с.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014.

УДК 629.3.017

В.П.Сахно, Р.М.Кузнєцов, В.І.Павлюк, П.О.Гуменюк
Національний транспортний університет,
Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ МАЛОГО КЛАСУ НА БОКОВЕ ВІДВЕДЕННЯ ШИН У НЕУСТАЛЕНОМУ КРИВОЛІНІЙНОМУ РУСІ

Наведено основні чинники, що визначають величину кутів бокового відведення осей автомобіля у неусталеному криволінійному русі. Проаналізовано вплив інерційних параметрів легкового автомобіля малого класу на характеристики бокового відведення осей коліс під час руху транспортного засобу перехідною клотоїдною траєкторією при маневруванні.

Ключові слова: *легковий автомобіль малого класу, кут бокового відведення колеса, математична модель руху, маневрування, завантаження.*

Рис 1. Табл 1. Форм 4. Літ 10.

В.П.Сахно, Р.М.Кузнецов, В.И.Павлюк, П.А.Гуменюк

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ МАЛОГО КЛАССА НА БОКОВОЙ УВОД ШИН В НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ

Приведены основные факторы, определяющие величину углов бокового увода осей автомобиля в неустановившемся криволинейном движении. Проанализировано влияние инерционных параметров легкового автомобиля малого класса на характеристики бокового увода осей колес во время движения транспортного средства переходной клотоидной траекторией при маневрировании.

Ключевые слова: *легковой автомобиль малого класса, угол бокового увода колеса, математическая модель движения, маневрирование, загрузка.*

V.Sahno, R.Kuznietsov, V.Pavliuk, P.Gumeniuk

INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS THE CAR SMALL CLASS ON THE SLIP OF THE WHEELS IN UNSTEADY CURVILINEAR MOTION

Identified the basic factors that determine the value of slip angles the axis of the vehicle in unsteady curvilinear motion. Analyzed the influence of inertial parameters of car small class on the characteristics of a slip of the wheel axles during vehicle motion transition curve when maneuvering. The of using of spiral Cornu curves as elements of trajectories of the kinds of maneuvering.

Mathematical model of the car motion of the changing trajectory gives possibility to determine angles slip the axis and their derivatives according the time considering the peculiarities of the composite schemes car small class, the weight of the car and characteristics of tires with side rejection.

Keywords: *car small class, slip angle of the wheel, the mathematical model of the motion car, maneuvering, loading.*

Постановка проблеми. Статистика обсягів продажу нових легкових автомобілів свідчить про те, що автомобілі малого класу, завдяки споживчим властивостям становлять близько 40% ринку країни [1]. Співвідношення спорядженої і повної маси автомобілів такого класу є суттєвим, тому зміна маси транспортного засобу в умовах експлуатації у значній мірі впливає на його експлуатаційні властивості. Зокрема керованість і стійкість автомобіля визначаються як його конструкційним виконанням так і розподілом маси на осі і окремі колеса.

Керованість автомобіля характеризується його властивістю безпечно здійснювати маневри відповідно до впливу водія на кермове колесо. На керованість транспортного засобу впливають його конструкційні особливості: компонувальна схема, кінематика підвіски та жорсткість її пружних елементів, опір шин боковому відведенню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Крім курсової стійкості під час прямолінійного руху автомобіля [2], його керованість оцінюють в усталених і неусталених режимах криволінійного руху [2, 3, 4]. Керованість автомобіля в стаціонарному коловому русі визначається його статичною повороткістю, що характеризується величинами бокового прискорення та кутів бокового відведення осей коліс транспортного засобу [2]. Траєкторією руху в цьому випадку є коло певного радіусу. Неусталений криволінійний рух розглядається під час входу автомобіля в поворот, «переставці» чи маневруванні при об'їзді перешкод. У цьому випадку керованість оцінюється граничними швидкостями виконання маневрів за умови

©В.П.Сахно, Р.М.Кузнєцов, В.І.Павлюк, П.О.Гуменюк

руху визначеною траєкторією та затратами енергії водія на керування. Траєкторії неусталеного криволінійного руху під час виконання стандартних видів маневрування можуть бути представлені перехідними кривими [5, 6].

Мета дослідження (постановка завдань). Метою дослідження є встановлення впливу масово-інерційних параметрів легкового автомобіля малого класу на величину бокового відведення осей коліс транспортного засобу у криволінійному русі перехідними траєкторіями під час маневрування. Для її досягнення необхідно встановити основні чинники, що визначають величину кутів бокового відведення осей автомобіля, та провести порівняльний аналіз характеристик бокового відведення осей (повороткості) транспортного засобу з різним завантаженням.

Основні результати дослідження. Під час руху траєкторією відповідної кривизни на автомобіль діють відцентрові сили, величина яких залежить від його маси, швидкості руху і радіуса кривизни траєкторії. При цьому прийнято вважати, що відцентрові сили визначають в основному величину бокових реакцій на колесах, а відповідно і кутів бокового відведення коліс його осей, і розподіляються відповідно до розподілу його мас на ці осі. В умовах неусталеного криволінійного руху кутова швидкість повороту автомобіля навколо центральної вертикальної осі є змінною величиною і характеризується кутовим прискоренням. Перерозподіл бокових реакцій на осі транспортного засобу відбувається через момент сил інерції відносно центральної вертикальної осі, зумовлений моментом інерції автомобіля і відповідним кутовим прискоренням. Для легкового автомобіля малого класу зміна його маси та перерозподіл її на осі коліс в процесі завантаження транспортного засобу в умовах експлуатації визначатиме і інерційні параметри автомобіля.

Момент інерції відносно центральної вертикальної осі автомобіля визначається за формулою (1):

$$J_Z = \rho_Z^2 \times M_a, \qquad (1)$$

де J_Z – момент інерції автомобіля відносно центральної вертикальної осі, *м*^{2}·*кг*;

ρ_Z – радіус інерції автомобіля відносно центральної вертикальної осі, *м*.

Радіус інерції автомобіля відносно вертикальної центральної осі отримано за залежністю (2), запропонованою М.А. Подригало, В.П. Волковим [7]:

$$\rho_z = \sqrt{\frac{1}{2}a \times b + \frac{B^2}{12} \pm \frac{1}{6}a \times b}, \qquad (2)$$

де *a,b* – відстані від центру мас автомобіля відповідно до передньої та задньої осей коліс, *м*;

B – значення колії автомобіля, *м*.

Знак «±» у підкореневому виразі вказує на діапазон визначення радіуса інерції автомобіля в межах середньоквадратичного відхилення. Для розрахунку моменту інерції у дослідженні керованості автомобіля прийнято максимальне значення радіуса інерції.

Для теоретичного дослідження у якості вихідних було прийнято параметри легкового автомобіля малого класу ЗАЗ-11022. За умови, що водій, пасажири і вантаж розміщені симетрично відносно поздовжньої осі, масові та геометричні параметри автомобіля визначалися для трьох випадків завантаження: А – водій, чотири пасажири і вантаж в багажному відсіку (максимально допустиме завантаження); В – водій, три пасажири без вантажу (проміжне значення величини завантаження); С – водій і пасажир на передньому сидінні без вантажу (мінімальне завантаження відповідно до прийнятого припущення). Нормативами [8] регламентується маса водія, пасажирів та вантажу.

Значення параметрів автомобіля для різних випадків його завантаження наведені у табл.1

Для визначення кутів відведення осей легкового автомобіля малого класу в неусталеному криволінійному русі під час маневрування проведено моделювання його плоского руху

перехідною кривою з параметрами, що відповідають умовам на проведення випробувань маневру «поворот 35 м». Параметри вибраної клотоїди: $C_{к35} = L_{к35} \times R_{к35} = 557$ – параметр клотоїди (постійна величина кривої); $R_{к35}$ = 33,05 м – радіус кривини у кінці клотоїди, *м*; $L_{к35}$ = 16,85 м – довжина перехідної кривої, *м*.

Таблиця 1.

Значення параметрів автомобіля ЗАЗ-11022 для різних випадків його завантаження

Параметр автомобіля	Випадок A	Випадок B	Випадок C
Маса автомобіля M_a, *кг*	1175	1057	921
Маса автомобіля, що припадає на передню вісь, m_{12}, кг	590	584	560
Маса автомобіля, що припадає на задню вісь, m_{34}, кг	585	473	361
Відстань від передньої осі автомобіля до центру мас, *a*, *м*	1,158	1,041	0,911
Відстань від задньої осі автомобіля до центру мас, *b*, *м*	1,167	1,284	1,414
Радіус інерції відносно вертикальної центральної осі, ρ_Z, *м*	1,021	1,016	1,000
Момент інерції відносно вертикальної центральної осі, J_Z, $м^2 \cdot кг$	1224	1091	921

В основі розрахункової моделі прийнято систему диференціальних рівнянь для визначення кутів відведення осей автомобіля δ_{12}, δ_{34}, отриману аналогічно до запропонованої А.С.Литвиновим [9], з системи рівнянь плоскопаралельного руху автомобіля для одномасової моделі, з урахуванням особливостей передньоприводної компоновки автомобіля за умови сталої швидкості руху (V_a=const). Також врахована умова прямування заданою кривою, яке виражається рівністю миттєвих радіусів кривини перехідної кривої $R_к$ і траєкторії, що описує центр мас автомобіля R_a, та рівністю приросту радіусів в кожній із точок цих кривих за нескінченно малий проміжок часу – $\dot{R}_к = \dot{R}_a$. З урахуванням даної рівності система для визначення кутів відведення коліс осей автомобіля доповнена додатковим диференціальним рівнянням першого порядку для визначення кутів повороту керованих коліс та швидкості їх зміни θ_{12}, $\dot{\theta}_{12}$, за умови прямування автомобіля заданою перехідною траєкторією.

Математичний апарат моделі враховує компоновку автомобіля, силу тяги на передній осі, розподіл маси транспортного засобу між його осями, нелінійні характеристики шин за боковим відведенням. Систему трьох диференціальних рівнянь розв'язано з використанням методу невизначених коефіцієнтів. Розрахунки виконані для різних випадків завантаження транспортного засобу – A, B, C. При цьому момент інерції відносно центральної вертикальної осі визначається за виразом (2), де B=1,3 *м* – значення колії автомобіля. Теоретичні дослідження проводилися з урахуванням усталеного відведення.

Нелінійні характеристики шин задавалися дискретно на кожному кроці інтегрування, як функції відцентрового прискорення:

$$K_{Yij} = \frac{P_{yij}}{\delta_{ij}} = \frac{a_y \times m_{ij}}{\delta_{ij}} = \frac{V_a^2 \times m_{ij}}{R_к \times \delta_{ij}} = f(a_y), \qquad (3)$$

де V_a – швидкість руху автомобіля;

$R_к$ – миттєвий радіус кривини траєкторії.

Залежності кутів відведення відповідних осей як функції бокового прискорення $\delta_{ij} = f(a_y)$, для визначеного тиску повітря в шинах – p_{ij}=0,2 *МПа*, визначені експериментально [10].

За результатами моделювання визначені кути відведення осей автомобіля, що виникають під час його руху визначеною перехідною кривою ($C_{к35}$=557) з урахуванням відповідних моментів сил інерції відносно центральної вертикальної осі. Для порівняння додатково отримані кути відведення осей автомобіля як характеристики повороткості визначені лише відцентровим прискоренням, що діє на автомобіль під час криволінійного руху:

$$\delta'_{ij} = \frac{P_{yij}}{K_{Yij}} = \frac{a_y \times m_{ij}}{K_{Yij}} = f(a_y). \qquad (4)$$

Приклад визначених кутів бокового відведення δ_{12}, δ_{34} з урахуванням та без урахування – δ'_{12}, δ'_{34} відповідних моментів сил інерції, що діють відносно центральної вертикальної осі автомобіля наведено на рис. 1. Прийнятий розрахунковий час становлення перехідних процесів *t,c* вибраний в інтервалі 30-60% тривалості руху автомобіля перехідною кривою. Швидкість руху визначена граничними умовами зчеплення коліс з дорогою для даних умов маневрування.

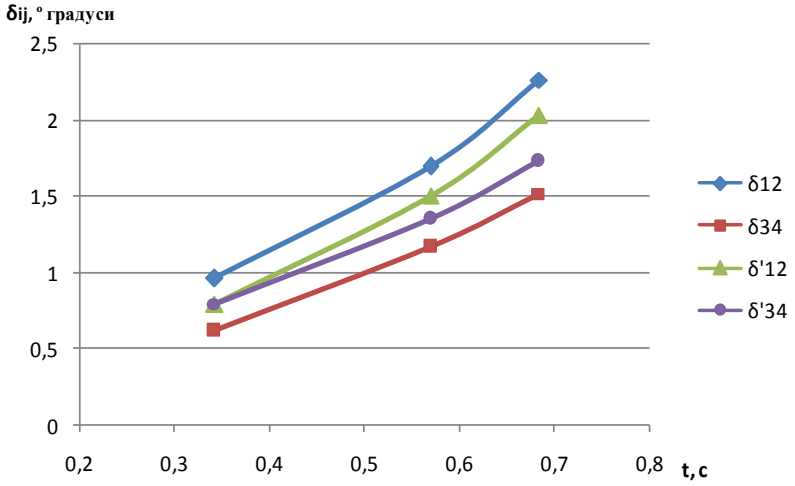


Рис.1. **До визначення кутів відведення осей коліс повністю завантаженого автомобіля (випадок А) за умови його руху зі швидкістю V_a=14,7 *м/с*, перехідною клотоїдою кривою ($C_{к35}$=557)**

Розрахункові значення величин кутів відведення вказують на те, що за даних визначених умов моделювання процесу входження в поворот, для зазначених випадків завантаження транспортного засобу, врахування згаданих інерційних моментів веде до збільшення кута відведення передньої осі близько 10%, та зменшення кута відведення задньої осі близько 15%. Зміна завантаження легкового автомобіля малого класу, у вказаних межах, призводить до зміни кутів відведення передньої осі до 10%, а задньої близько 20%.

Для безпечного керованого неусталеного криволінійного руху транспортного засобу заданими траєкторіями виникаючі при цьому додаткові кути відведення повинні бути компенсовані водієм відповідним поворотом керма.

Висновок. На основі результатів проведених теоретичних досліджень можна зробити висновок про вагомість впливу інерційних параметрів автомобіля на його керованість в неусталеному криволінійному русі та потребу врахування під час математичного моделювання руху легкових автомобілів малого класу зміни в експлуатаційних умовах їх масових параметрів.

1. Добровольский. В. В минусе // Авторевю. – 2013. – №3. – С. 14-15.
2. Автомобили грузовые, легковые и автобусы. Методы определения и оценки параметров управляемости. Проект отраслевой нормали ОН 025–68 (Первая редакция).
3. ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – Введено 01.01.2006. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 28 с.
4. ISO/TC 22/SC 9 Динамика автомобилей и устойчивость на дороге: [Електронний ресурс] / Каталог стандартов ИСО. URL: http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46836
5. Закин Я.Х. Маневреность автомобиля и автопоезда / Я.Х. Закин. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
6. Карпенко В.Р. Траєкторії неусталеного криволінійного руху автомобіля/ В.Р. Карпенко, О.В. Приймак, В.І. Павлюк // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за галузями знань „Машинобудування та металообробка”, „Інженерна механіка”, „Металургія та матеріалознавство”). – Вип. 36. – Луцьк, 2012. – С. 126–130.
7. Подригало М.А., Волков В.П. Определение радиусов инерции автомобиля на стадии его проектирования // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 6. – С. 19–22.
8. TRANS/WP.29/1045. Специальная резолюция № 1. Касающаяся общих определений категорий, масс и размеров транспортных средств (СпР.1). 2005 – 26 с.
9. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
10. Карпенко В.Р. Вплив зміни тиску в шинах і завантаження легкового автомобіля малого класу на його повороткість / В.Р. Карпенко, Р.М. Кузнєцов, В.І. Павлюк, П.П. Костюк // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за галузями знань „Машинобудування та металообробка”, „Інженерна механіка”, „Металургія та матеріалознавство”). – Вип.41. Ч.2 – Луцьк, 2013. – С. 45–48.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014.

©В.П.Сахно, Р.М.Кузнєцов, В.І.Павлюк, П.О.Гуменюк

УДК 621.891

Е.Л.Селезньов, Ю.П.Шимчук
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

В статті представлені характеристики методів для обробки внутрішніх циліндричних поверхонь, розглянуто інструмент який застосовується при застосуванні того чи іншого методу фінішної обробки, а також їх переваги та недоліки

Ключові слова: *хвилястість, мікрогеометрія, шорсткість, якість поверхні, суперфінішування, хонінгування, полірування*

Рис 4. Літ 5.

Э.Л.Селезнев, Ю.П.Шымчук

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В статье предоставлены характеристики методов для обработки внутренних цилиндрических поверхностей, рассмотрен инструмент, применяемый при применении того или иного метода финишной обработки, а также их преимущества и недостатки

E.Seleznev, Y.Shymchuk

ANALYSIS METHODS OF INTERNAL FINISHING TSYLINDRICHESKIH SURFACES

The article provided characteristics of methods for internal cylindrical surfaces, is considered the tool used in the application of a method of finishing, as well as their advantages and disadvantages.

Actual zavdannyam Suchasni machine-building that avtomobilebuduvannya є zabezpechennya dovgovichnosti parts yak great miroyu viznachatsya yakisnim poverhnevogo pitched ball. Sama od yakosti finishnoї obrobki bogato in chomu unsold nayvazhlivishi pokazniki mehanizmiv - pratsezdatnist, nadiynist, metaloemnist that inshi tehniko - ekonomichni characteristics. Dovgovichnist machine parts od deposits yakosti obrobki parts i become ih poverhnevogo ball, yaky spryamovano formutsya on finishnih operatsiyah tehnologichnogo vigotovlennya process.

As a result, surface machining parts acquire technological topography, characterized macrogeometry, waviness and microgeometry. Roughness of the treated surface caused by the geometry of the cutting tool, cutting conditions, and the plastic deformation of the material. Virtually any material when submitting more than 0.2 mm, the roughness increases dramatically.

Thus, the choice of method depends on the formation of finishing microrelief surfaces. About that, the existing methods do not provide a rational treatment durability details. Therefore, based on the basis of the analyzed methods of finishing internal cylindrical surfaces, we can conclude that for maximum repetition microrelief and resist wear parts need to improve existing and develop new methods of surface treatment

Постановка проблеми. Актуальним завданням сучасного машино- та автомобілебудування є забезпечення довговічності деталей, що великою мірою визначається якісним станом поверхневого шару. Саме від якості фінішної обробки багато в чому залежать найважливіші показники механізмів – працездатність, надійність, довговічність та інші техніко – економічні та механічні характеристики. Довговічність деталей машин залежить від якості обробки деталей і стану їх поверхневого шару, який спрямовано формується на фінішних операціях технологічного процесу виготовлення.

Сучасні методи фінішної обробки дозволяють отримувати задану точність, але при цьому не завжди забезпечують раціональну зносостійкість поверхневого шару. Незважаючи на численні дослідження на сьогодні не існує стовідсотково об'єктивної методики вибору методів фінішної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У результаті механічної обробки поверхні деталей набувають технологічний рельєф, що характеризується макрогеометрією, хвилястістю і мікрогеометрією [1-4]. Шорсткість обробленої поверхні зумовлена геометрією ріжучого інструмента, режимами різання і пластичною деформацією матеріала. Практично для будь-яких матеріалів при подачі понад 0,2 мм, різко зростає шорсткість (рис. 1, [1]).

©Е.Л.Селезньов, Ю.П.Шимчук

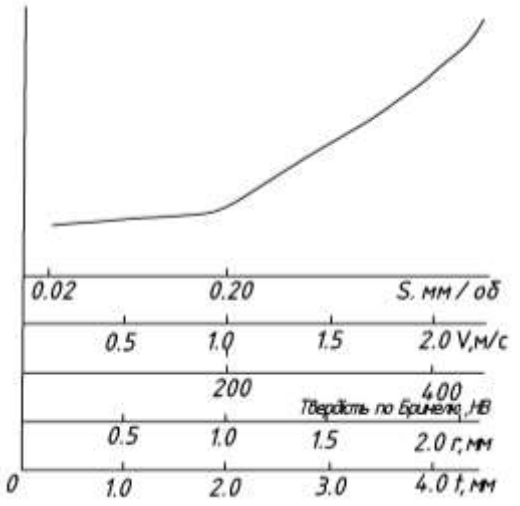


Рис. 1. **Залежність шорсткості від параметрів різання**

Методи фінішної обробки поверхонь. Одним із методів обробки є обкочування і розточування поверхонь. Обкатка здійснюється роликами і кульками, що чинять тиск на поверхню оброблюваної поверхні. При певному (робочому) зусиллі в зоні контакту деформуючих елементів і деталі інтенсивність напруги перевищує межу текучості, внаслідок чого відбувається пластична деформація мікронерівностей, змінюються фізико – механічні властивості і структура поверхневого шару.

Шліфування застосовують як метод попередньої і остаточної обробки циліндричних, плоских і фасонних поверхонь по 5...7-му квалітету точності з шорсткістю обробленої поверхні Ra 1,25...0,08 мкм [2].

Типова схема робочого циклу шліфування складається із чотирьох етапів: врізання, чорнового знімання, чистового знімання та вигладжування (рис. 2, [3]).

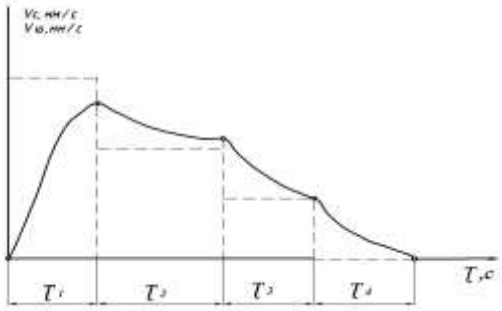


Рис. 2. **Робочий цикл шліфування: Vc – швидкість поперечного переміщення шліфувальної бабки, Vш – фактично знімаючий шар**

Хонінгування застосовують для підвищення точності форми, розмірів та зниження шорсткості поверхонь деталей після операцій розточування, обточування, шліфування, розгортання, зенкерування і протягування [4].

Обробку виконують абразивними або алмазними брусками, яким надають три рухи відносно деталі: обертання V_o, зворотно-поступальне переміщення $V_{зп}$ та радіальну подачу S_p (рис. 3). Хонінгувальна головка з'єднана зі шпинделем верстата і виконує обертання та зворотно-поступальні рухи. Одночасно розсуваються бруски, які поступово зрізають заданий припуск. Розсування брусків (радіальна подача S_p) виконується за допомогою спеціального розсувного механізму, який вбудовано у шпиндельну бабку верстата або хонінгувальну головку.

Особливістю процесу хонінгування є повне або часткове сумісне базування оброблюваної поверхні заготовки і різальної поверхні брусків, яке забезпечується конструкцією хонінгувальної головки за рахунок двох або чотирьох ступенів вільності. Запропонований ступінь вільності інструмента, відносно оброблюваної деталі або навпаки, визначає способи закріплення інструмента і деталі.

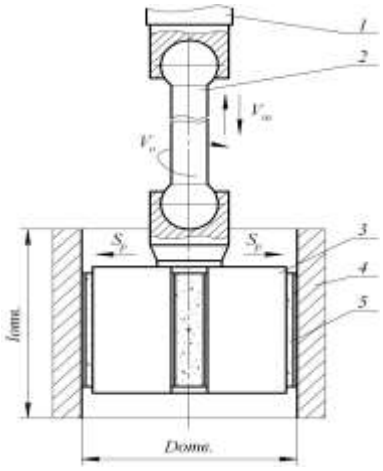


Рис. 3. **Схема рухів при хонінгуванні отворів: 1 – шпиндель верстата; 2 – стрижень головки; 3 – корпус головки; 4 – оброблювана заготовка; 5 – брусок**

У випадках обробки тонкостінних гільз блока циліндрів, корпусів гідравлічних розподільників, коли важко забезпечити співвісність шпинделя і оброблюваного отвору, застосовують кулькове закріплення деталі. Якщо співвісність деталі і хонінгувальної головки становить більше 0,05-0,08 мм, то використовують двошарнірне закріплення головки.

Надані хонінгувальній головці і деталі рухи відтворюють на оброблюваній поверхні сліди різальних зерен інструмента у вигляді перехрещених штрихів. Задаючи потрібне співвідношення величин швидкості поступального та обертального рухів, визначають кут α нахилу векторів швидкостей різання (рис. 4).

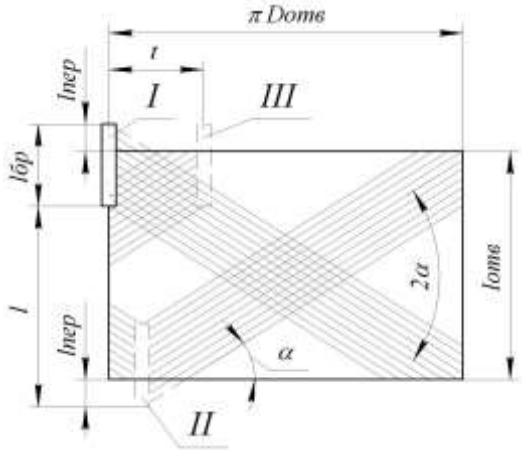


Рис. 4. **Сітка слідів різальних зерен інструмента на оброблюваній поверхні (розгортка):**
2α - кут схрещення слідів обробки; α - кут підйому слідів обробки [4]

За рекомендаціями [4] кількість обертів хонінгувальної головки не повинна бути кратною кількості її подвійних рухів. У цьому випадку брусок зміщується по колу в кінці кожного подвійного руху на величину t відносно його положення, яке було до початку руху. Таким

чином, різальні зерна брусків не повторюють шлях, що зменшує шорсткість оброблюваної поверхні.

Суперфінішування здійснюють спеціальною головкою з дрібнозернистими абразивними брусками [5]. Його застосовують для кінцевої обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання.

Обробка проходить без істотної зміни розмірів та мікрогеометрії поверхні. По мірі зняття вершин гребенів збільшується контактна поверхня, зменшується тиск брусків, стружка заповнює пори брусків, ріжуча здатність брусків знижується, процес обробки припиняється.

Суперфінішуванням можна обробляти циліндричні, конічні, плоскі та сферичні поверхні деталей із загартованої сталі, рідше – із чавуну та бронзи.

В процесі суперфінішування працездатність брусків швидко знижується через заповнення ріжучої поверхні і пор металічною стружкою, викликаючи забруднення брусків.

Полірування здійснюють м'яким полірувальним кругом (з повсті, фетра, бязі) з нанесеною на нього полірувальною пастою чи струменя абразивної рідини. В результаті полірування шорсткість поверхні зменшується до Ra 0,032…0,02 мкм. Обробка поверхонь із застосуванням притиральних та полірувальних паст базується на одночасній дії інструмента (притирача чи притирального м'якого круга) та поверхнево-активних речовин, що містяться в пасті. На відміну від притирання, полірування не підвищує точність обробки.

Висновки. Таким чином, від вибору методу фінішної обробки залежить формування мікрорельєфу поверхонь. Проте, існуючі методи обробки не забезпечують раціональну зносостійкість деталей.

Тому виходячи з проаналізованих методів фінішної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь можна сказати, що для максимального повторення мікрорельєфу та підвищення зносостійкості деталей потрібно удосконалювати існуючі та розробляти нові методи обробки поверхонь.

1. Триботехника : учебное пособие / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2013. — 408 с. — (Бакалавриат).
2. Кащук В.А., Верещагін А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1998. – 480 с.
3. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник. /Под ред. д-ра техн. наук проф. А.Н. Резникова. - М.: Машиностроение, 1977. – 391 с. с ил.
4. Хонингование: справочное пособие. / С.И. Куликов, В.А. Романчук, Ф.Ф. Резванов, Ю.М. Евсеев. – М.: Машиностроение, 1973. – 168 с.
5. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.

©Е.Л.Селезньов, Ю.П.Шимчук

УДК 658.631

О.В.Сидорчук, В.І.Днесь, В.І.Скібчик, Я.В.Гріцаєв, О.А.Сятковський, В.Л.Пукас
Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Луцький національний технічний університет
Подільський державний агротехнічний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ КОНФІГУРАЦІЇ ПРОЕКТІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Формалізовано конфігурацію проектів зернозбирально-транспортних систем на концептуальному рівні. Розкрито сутність параметрів об'єктів конфігурації цих систем та взаємозв'язки між ними. Означено тенденції зміни показників їх функціонування від зміни основних параметрів. Обґрунтована доцільність та можливість узгодження основних параметрів.

Ключові слова: *проект, конфігурація, управління, система, збирання, зернові, параметри.*
Форм 24. Літ 7

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ ПРОЕКТОВ ЗЕРНОУБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Формализовано конфигурацию проектов зерноуборочно-транспортных систем на концептуальном уровне. Раскрыта сущность параметров объектов конфигурации этих систем и взаимосвязи между ними. Определены тенденции изменения показателей их функционирования от изменения основных параметров. Обоснована целесообразность и возможность согласования основных параметров.

Ключевые слова: *проект, конфигурация, управление, система, сбор, зерновые, параметры.*

CONCEPTUAL FORMALIZATION OF PROJECT DESIGN COMBINE TRANSPORT SYSTEMS

Formalized project design combine transport systems at the conceptual level. The essence of object configuration parameters of these systems and the relationships between them. Determined basic trends in the performance of their operation on the change basic settings. The expediency and possibility to coordinate basic settings. Systematic description of technology of harvesting early crops allowed to define their generalized components displayed the characteristics of the incoming flow, the parameters of quality (technological) converting items of work performance and output products. Technological Parameters collection of early crops appear five parameters to be determined by the configuration of the respective projects. Disclosure conceptual relations between the parameters allowed to determine their effect on grain flow that characterizes the impact (value) of projects functioning of these systems. Was found that the amount of grain harvested and lost through his untimely harvesting depends on the consistency of process parameters of harvesting early crops. The mentioned trends in volumes grown crop losses due to delays the harvest from each of the four main technological parameters of early harvesting of crops are the basis of selection methods optimize these parameters.

Keywords*: design, configuration management, system, harvest, grain parameters.*

Постановка проблеми. Для управління конфігурацією проектів технологічних систем рільництва важливо врахувати всі основні чинники показників їх цінності. З цією метою виконується моделювання відповідних систем, яке уможливлює прогнозування цих показників. Створення моделей технологічних систем рільництва, зокрема, зернозбирально-транспортних є проблематичним через стохастичний характер агрометеорологічних умов. Для подолання цієї проблеми важливим етапом створення відповідних моделей, які б враховували конфігурацію проектів цих систем, є концептуальна їх формалізація, яка дає змогу, здебільшого, у неявному виді розкрити системні причинно-наслідкові зв'язки між параметрами об'єктів конфігурації проектів технологічних систем, що зумовлюють показники їх цінності.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Система управління конфігурацією проектів є регламентованою [1]. Однак, в даному регламенті не розглядається вплив параметрів об'єктів конфігурації проектів технологічних систем на показники їх цінності, що не дає змоги домогтися належної якості управління. Конфігурація парку зернозбиральних комбайнів розглядалася у роботі [2]. Окрім того, багатьма вченими досліджувалося питання обґрунтування потреби сільськогосподарських підприємств у зернозбиральних комбайнах, яке певною мірою стосується управління конфігурацією проектів [3–7]. На жаль, у цих працях недостатньо враховується системний вплив структури технологічних систем-продуктів на показник їх цінності.

©О.В.Сидорчук, В.І.Днесь, В.І.Скібчик, Я.В.Гріцаєв, О.А.Сятковський, В.Л.Пукас

Мета дослідження. Концептуально розкрити формалізовані взаємозв'язки між параметрами об'єктів конфігурації проектів зернозбирально-транспортних систем, які є визначальними для відповідного управління.

Виклад матеріалу. Дослідження систем розпочинається із їх формалізованого опису, який зазвичай передбачає виділення вхідних потоків, технологічних перетворень та результатів функціонування. Вхідні потоки до системи відображаються відповідними характеристиками – *X*. Технологічні перетворення – параметрами систем *Z*. Результати функціонування – показниками *Y*. Дослідження систем полягає у встановленні зв'язків між цими складовими. Для цього розв'язуються задачі синтезу та аналізу. Задача синтезу формалізовано записується у такий спосіб:

$$Y = f\left(X, Z, T\right), \tag{1}$$

де T – тривалість функціонування систем.

Задачі аналізу випливають із цієї залежності і формалізовано відображаються оберненими функціями:

$$Z = f_X^{-1}(X, Y, T); \tag{2}$$

$$X = f_X^{-1}(Z, Y, T). \tag{3}$$

Не вдаючись до поглибленого аналізу цих трьох системних залежностей, зазначимо. що розкриття до явного виду кожної з них можливе на основі моделювання систем, зокрема, технологічних, у яких відбуваються якісні перетворення предметів праці. Ці перетворення здійснюються моделлю (виконавцем) за допомогою технічних засобів (машин).

Задачі системного аналізу та синтезу будемо розв'язувати стосовно технологічних систем збирання ранніх зернових культур (ТС ЗРК). З цією метою потрібно з'ясувати основні особливості цих систем, що визначають вимоги до їх формалізованого опису. Зокрема, слід розкрити особливості їх вхідних впливів, технологічних перетворень та результатів функціонування.

Технологічні системи збирання ранніх зернових культур являють собою множину γ-х полів із достиглим урожаєм цих (k-х) культур $\{\gamma_к\}$, множину комбайнів r-х марок $\{K_r\}$, множину автомобілів a-х марок $\{A_{ва}\}$, множину комбайнерів $\{U_k\}$ та множину шоферів $\{U_ш\}$.

Кожна з цих п'ятьох множин для заданої ТС ЗРК характеризується відповідною кількістю – $N_{\gamma k} = \{\gamma_к\}$, $N_{kr} = \{K_r\}$, $N_{Aa} = \{A_{ва}\}$, $U_k = \{U_k\}$, $U_м = \{U_м\}$.

Усі ці складові під час збирання ранніх зернових культур взаємодіють між собою забезпечуючи виконання механізованого збирально-транспортного процесу. Окрім того зібраний урожай транспортується до току, де забезпечується його обробка та складування. У нашій роботі для розв'язання науково-інженерної задачі управління конфігурацією проектів зернозбирально-транспортних систем функціонуванням току нехтується, оскільки це є об'єктом інших досліджень.

Технологічний процес збирання ранніх зернових культур, що відбувається у ТС ЗРК характеризується роботою комбайнів на полях з достиглим урожаєм, а також роботою автомобілів, які забезпечують відвезення зібраного зерна з полів до току. Відповідно збиральна і транспортні роботи (процеси) відбуваються за безпосередньою участю комбайнерів і шоферів. У процесі збирання урожаю ранніх зернових культур «площі з достиглим урожаєм» переходять у стан «зібрані площі».

Автономні ТС ЗРК у загальному уявленні відображаються чотирма основними параметрами – загальною площею ранніх зернових культур (S), потужністю двигунів парку зернозбиральних комбайнів (P) вантажністю автомобільного парку (Q) та кількістю виконавців (U) – комбайнерів і шоферів.

Між основними параметрами і їх складовими існують зв'язки:

$$S = \sum_{\gamma k} S_{\gamma k} \cdot N_{\gamma k};\ P = \sum_{r} P_r N_{kr};\ G = \sum_{d} q \cdot N_{Aa}, \tag{4}$$

де $S_{\gamma k}$ – площа γ-о поля з k-ю культурою, га; P_r – потужність комбайнів r-ї марки, кВт; q – вантажність автомобілів a-ї марки; m.

Кількість виконавців U дорівнює сумі комбайнерів і шоферів – $U = U_k + U_m$.

©О.В.Сидорчук, В.І.Днесь, В.І.Скібчик, Я.В.Гріцаєв, О.А.Сятковський, В.Л.Пукас

Означуючи ТС ЗРК, не можливо оминути увагою таких їх складових як вхідного впливу на системи та результатів їх діяльності. Вхідний вплив на ТС ЗРК складається із двох складових – агрометеорологічних умов, що зумовлюють стан зерностеблостої на полях з достиглим урожаєм (A), а також потік матеріально-технічних ресурсів (M_p) – дизельного палива, бензину, мастил, запасних частин, тощо. Агрометеорологічні умови є природним та некерованим чинником відповідних систем. Потік матеріально-технічних ресурсів – навпаки, регулюється людиною.

Результатом діяльності ТС збирання ранніх зернових культур є обсяг зібраного зерна ($Q_з$):

$$Q = \sum_{\gamma k} Q_{з\gamma k}, \tag{5}$$

де $Q_{з\gamma k}$ - обсяг зібраного зерна k-ї ранньої культури на γ-му полі.

Цей обсяг формується упродовж часу T_{TC} функціонування ТС ЗРК– сезону збирання ранніх зернових культур. Обсяг $Q_з$ водночас складається зі скінченої множини окремих надходжень $\{q_{за}\}$ зерна, що транспортується a-м автомобілем від комбайнів до току. Окрім того потік $\{q_{за}\}$ складається із потоків $\{q_{за}^{\gamma к}\}$ зерна k-ї культури вирощеного на γ-у полі, а також із добових $\{q_{за}^{\gamma к}\}^{t\partial}$ потоків зібраного зерна. Таким чином обсяг $Q_з$, що генерується у результаті збирання ранніх зернових у відповідній ТС ЗРК:

$$Q = \sum_{q} \{q_з\}. \tag{6}$$

Водночас потік зерна $\{q_з\}$ складається:

$$\{q_з\}=\{q_{за}^{\gamma к}\}, \tag{7}$$

Потік зерна $\{q_з\}$ є результатом функціонування ТС ЗРК, а тому з позицій системного підходу зумовлюється як керованими параметрами та вхідними потоками, так і некерованими впливами:

$$\{q_з\}=f(S,P,G,U,M_p,A,T_{TC}). \tag{8}$$

Зазначимо, що тривалість сезону T_{TC} своєю чергою залежить від параметрів та вхідних впливів стосовно ТС ЗРК:

$$T_{TC}= f(S,P,G,U,M_p,A). \tag{9}$$

Невід'ємним результатом функціонування ТС ЗРК є обсяг $Q_в$ втрат вирощеного врожаю через несвоєчасність збирання ранніх зернових культур. Його визначають стосовно окремого поля з k – ю культурою:

$$Q_в = \sum_{\gamma k} Q_{в\gamma k}, \tag{10}$$

де $Q_{в\gamma k}$ – втрати вирощеного на γ-у полі врожаю k – ї культури через несвоєчасність збирання.

Втрати урожаю $Q_{в\gamma k}$ через несвоєчасність його збирання, як відомо [5], зумовлюються особливостями ранніх зернових, олійних і бобових культур. За несвоєчасності збирання, яке характеризується відхиленням часу $\Delta t_{з\gamma k}$ від агротехнічно оптимального терміну, втрати урожаю $Q_{в\gamma k}$ зумовлюються висипанням зерен із колосків, а також їх «стіканням» [5]:

$$Q_{в\gamma k} = f(S_{н\gamma k}, U_{\gamma k}, t\Delta t_{з\gamma k}), \tag{11}$$

де $S_{н\gamma k}$ – несвоєчасно зібрана площа k-ї культури на γ-у полі, га; $U_{\gamma k}$ – урожайність цієї культури за повної її стиглості, ц/га.

Аналізуючи обсяг $Q_з$ зібраного зерна ранніх культур ТС ЗРК, можемо також зауважити, що він визначається як різниця між обсягом вирощеного урожаю $Q_з^в$ та його втратами $Q_в$ від несвоєчасності збирання:

$$Q_з = Q_з^в - Q_в. \tag{12}$$

©О.В.Сидорчук, В.І.Днесь, В.І.Скібчик, Я.В.Гріцаєв, О.А.Сятковський, В.Л.Пукас

Обсяг вирощеного врожаю $Q_з^в$ визначається як сума обсягів вирощеного врожаю стосовно
k-ї культури на *γ*-у полі ($Q_{γk}^в$):

$$Q_з^в = \sum_{γk} Q_{γk}^в \ . \tag{13}$$

Обсяг вирощеного зерна *k*-ї культури на *γ*-у полі визначається за формулою

$$Q_{γk}^в = S_{γk} \cdot U_{γk} \ , \tag{14}$$

де $S_{γk}$ - площа γ-о поля з вирощеною *k*-ю культурою.

Обсяги втраченого через несвоєчасність збирання зерна є тими характеристиками функціонування ТС ЗРК, які визначають їх ефективність ($E_{ТС}$):

$$E_{ТС} = \left[B\left(Q_в\right) + B\left(Z_{ТС}\right) \right], : S, \tag{15}$$

де $B\left(Q_в\right)$, $B\left(Z_{ТС}\right)$ - відповідно вартісні оцінки втрат через несвоєчасність збирання зерна та витрат на функціонування ТС ЗРК, грн.

Водночас обсяг втраченого зерна ($Q_з$) визначається основними параметрами ТС ЗРК та агрометеорологічними умовами (*A*) збирального сезону:

$$Q_в = f\left(S, P, G, U, A\right). \tag{16}$$

Аналіз задачі синтезу дає підстави стверджувати, що зміна будь-якого основного параметра за умови незмінності трьох інших зумовлює зміну обсягу втраченого зерна. Водночас, тенденції впливу основних параметрів на втрати зерна через несвоєчасність його збирання є неоднаковими. Зокрема, збільшення площі полів *S* під ранніми зерновими культурами зумовлює збільшення втрат $Q_в$ вирощеного врожаю цих культур. Збільшення ж таких основних параметрів як потужність *P* комбайнового парку, вантажності *G* автомобільного парку, а також кількості *U* виконавців зумовлюють зменшення витрат $Q_в$. Водночас така тенденція зв'язку між зазначеними основними параметрами (*P*, *B*, *U*) та втратами вирощеного врожаю $Q_в$ зберігається лише в певних діапазонах змін цих параметрів. Зокрема, за постійних параметрів *P* і *G* збільшення кількості виконавців і лише у певних межах впливає на $Q_в$. Організація цілодобового збирання ранніх зернових культур заданим парком комбайнів і автомобілів лімітує максимальну потрібну кількість комбайнерів і шоферів, яка впливає на обсяги втрат вирощеного врожаю. Збільшення їх понад цю кількість ніяким чином не впливатиме на втрати вирощеного врожаю (рис).

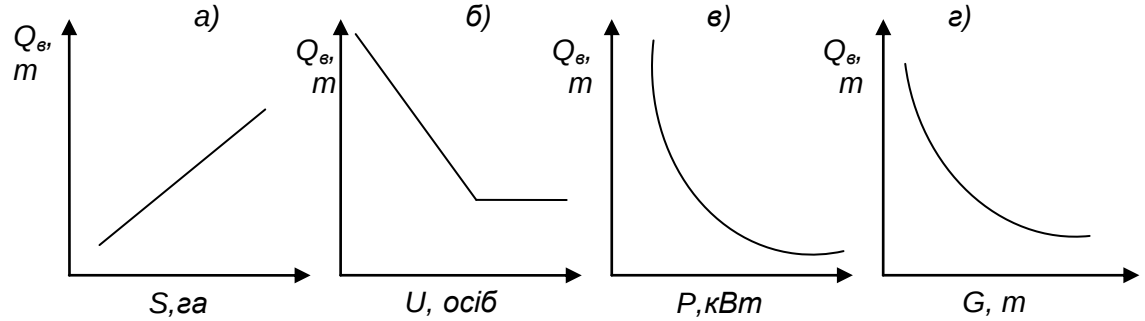


Рис. **Тенденції зміни втрат вирощеного врожаю $Q_в$ від збільшення основних параметрів ТС ЗРК: а) площі *S*; б) кількості виконавців *U*; в) потужності комбайнового парку *P*; г) вантажності парку автомобілів *G***

Протилежні тенденції зміни втрат $Q_в$ вирощеного врожаю від основних параметрів ТС ЗПК є підставою для оптимізації цих параметрів. З цією метою слід формалізувати взаємозв'язки між втратами $Q_в$ та основними параметрами *S*, *P*, *G* та *U*. У цьому разі розв'язуються якісні задачі аналізу:

$$S = f_S^{-1}\left(Q_в, P, G, U, A\right); \tag{17}$$

$$P = f_P^{-1}(Q_в, S, G, U, A); \quad (18)$$

$$G = f_G^{-1}(Q_в, B, P, U, A); \quad (19)$$

$$U = f_U^{-1}(Q_в, S, P, G, A). \quad (20)$$

Для розв'язання даної системи слід розкрити взаємозв'язки між основними параметрами. З цією метою, з огляду на тенденції зміни $Q_в$ від S, P, G та U, параметр S будемо називати предметно-масштабним, а параметри P, G і U – організаційно-технічними. Для ефективного функціонування ТС ЗРК вони мають бути узгодженими між собою. У цьому разі розв'язуються локальні задачі аналізу:

$$P = f(S); \quad (21)$$

$$G = f(P, S); \quad (22)$$

$$U_K = f(P); \quad (23)$$

$$U_U = f(G); \quad (24)$$

Кожна із локальних задач розв'язується за відповідною методикою. Ці методики мають бути логічно узгодженими. Зокрема, методика визначення потужності парку комбайнів (P) для заданої загальної площі збирання ранніх зернових культур (S) передбачає наявність такої вантажності автомобільного парку (G), яка унеможливлює гальмування збирального процесу. Кількість комбайнерів U_K визначається потужністю комбайнового парку (зокрема, числом комбайнів), а також плановим організаційним режимом використання цього парку упродовж доби (числом змін роботи комбайнерів). Таким чином, узагальнюючи викладене, можна стверджувати, що концептуально-формалізований опис ТС ЗРК дає змогу з'ясувати основні (системні) залежності між їх вхідними впливами, технологічними складовими та вихідними результатами. Це є підставою для подальшого поглибленого дослідження ТС ЗПК.

Висновки. 1. Системний опис технологічних систем збирання ранніх зернових культур дав змогу означити їх узагальнені складові, які відображаються характеристиками вхідних потоків, параметрами систем якісного (технологічного) перетворення предметів праці та показниками вихідних продуктів.

2. Параметри технологічних систем збирання ранніх зернових культур відображаються п'ятьма показниками, які визначаються конфігурацією відповідних проектів.

3. Концептуальне розкриття зв'язків між параметрами дало змогу встановити їх вплив на потік зерна, який характеризує результативність (цінність) проектів функціонування цих систем.

4. Встановлено, що обсяги зібраного та втраченого зерна через несвоєчасність його збирання залежить від узгодженості параметрів технологічних систем збирання ранніх зернових культур.

5. Означені тенденції зміни обсягів втрат вирощеного урожаю через несвоєчасність його збирання від кожного із чотирьох основних параметрів технологічних систем збирання ранніх зернових культур лежать в основі вибору методу оптимізації цих параметрів.

1. ISO-10007-95. Административное управление качеством. Руководящее указание по управлению конфигурацией.
2. Сидорчук Л. Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / Л. Л. Сидорчук. – Львів, 2008. – 18 с.
3. Липкович Э. И. Структура математической модели системы машин / Липкович Э. И. // Математическое моделирование уборочно-транспортних процессов. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ. – 1986. – С. 3-5.
4. Грибинюк О.М. Дослідження умов функціонування і розробка методу оптимізації парку зернозбиральних комбайнів сільськогосподарського підприємства: Автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук : спец. 50.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва»//О.М. Грибинюк. – Глеваха, 1994. – 16 с.
5. Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та розвиток виробництва» / Є. І. Ціп. – Львів, 2002. – 18 с.
6. Панюра Я.Й. Методи та моделі управління змістом та часом у проектах збирання ранніх зернових культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та розвиток виробництва» / Я.Й.Панюра. – Львів, 2010. – 18 с.
7. Комарніцький С.П. Узгодження збиральних і транспортних робіт у проектах збирання ранніх зернових культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та розвиток виробництва» / С.П. Комарніцький – Львів, 2012. – 19 с.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2014.

©О.В.Сидорчук, В.І.Днесь, В.І.Скібчик, Я.В.Гріцаєв, О.А.Сятковський, В.Л.Пукас

УДК 621.762.4

В.А.Сичук, О.В.Заболотний
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ПОРИСТИХ ЗРАЗКІВ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ

Для зменшення зношування внутрішньої найбільш відповідальної поверхні деталі (сопла абразивоструменевої машини) авторами статті пропонується на вищезгаданій поверхні утворити повітряний прошарок, який буде виконувати роль бар'єру між абразивом і робочою поверхнею сопла. Як наслідок частину сопла необхідно виготовити пористою.

В представленій статті показано процес дослідження повітропроникності пористих порошкових зразків з пористістю 30%, 40%, 50% виготовлених з титанового порошку марки ПТХ-1. Фракційний склад порошку: -1мм…+0,63мм і -0,63мм…+0,4мм. Досліджувався характер і ступінь впливу фракційного складу порошку і пористості порошкового зразка на перепад тиску ΔР, який виникає при проходженні потоку повітря через пористий зразок.

Ключові слова: *пористість, повітропроникність, абразивоструменева обробка, зношування.*
Рис 17. Літ 4.

В.А.Сычук, О.В.Заболотный

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОРИСТЫХ ОБРАЗЦОВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Для уменьшения износа внутренней наиболее ответственной поверхности детали (сопла абразивоструйной машины) авторами статьи предлагается на вышеупомянутой поверхности создать воздушную прослойку, которая будет выполнять роль барьера между абразивом и рабочей поверхностью сопла. Как следствие часть сопла необходимо изготовить пористой.

В представленной статье показан процесс исследования воздухопроницаемости пористых порошковых образцов с пористостью 30%, 40%, 50% изготовленных из титанового порошка марки ПТХ-1. Фракционный состав порошка двух типов: -1мм…+0,63мм и -0,63мм...+0,4мм. Исследовался характер и степень влияния фракционного состава порошка и пористости порошкового образца на перепад давления ΔР, которое возникает при прохождении потока воздуха через пористый образец.

Ключевие слова: *пористость, воздухопроницаемость, абразивоструйная обработка, износ.*

V.Sychuk, O.Zabolotnyi

A RESEARCH OF AIR PERMEABILITY OF POROUS SAMPLES WITH THE PURPOSE TO IDENTIFY OPTIMAL PARAMETERS

To reduce wear on the inner most responsible surface of a part (a nozzle of abrasive blasting machine) authors of the paper suggest to create an air layer on the mentioned above surface, this layer will act as a barrier between the abrasive and the working surface of the nozzle. As a consequence, part of the nozzle must be produced porous one.

In this article we show the process of a research of the air permeability of porous powder samples with a porosity of 30%, 40%, 50% made of titanium powder PTH-1. Fractional composition of the powder of two types: -1mm...+0,63mm and -0,63mm...+0,4mm. There were researched properties and level of influence of fractional composition of powder and porosity of powder sample on pressure drop ΔP, which occurs when the flow of air pass through the porous element.

Keyword: *porosity, air permeability, abrasive blasting processing, wear.*

Підвищення терміну ефективної працездатності деталей у машинобудуванні є важливою складовою загального часу продуктивної роботи вузла чи механізму в цілому.

Сопло в абразивоструменевій машині є найбільш навантаженим елементом, тобто воно піддається набагато більшому спрацюванню по відношенню до інших деталей даного механізму. Тому метою наукового дослідження є пошук і реалізація методу підвищення зносостійкості даної частини такої машини.

В основному світова тенденція до збільшення часу продуктивної служби сопла абразивоструменевої машини полягає в застосуванні надтвердих матеріалів, що в свою чергу мають високу вартість, яка негативно відбивається на загальній ціні сопла.

Авторами запропоновано новий метод підвищення зносостійкості сопла, який полягає в утворенні повітряного прошарку (рис.1.) на внутрішній робочій поверхні сопла. Повітря продувається в радіальному напрямку через сопло, яке є пористим [1-3].

За основу, як об'єкт вдосконалення, було прийнято сопло форми Вентурі UDC32–450, як більш продуктивне та широко використовуване в порівнянні з соплами інших форм.

©В.А.Сичук, О.В.Заболотний

Конструктивна особливість внутрішньої робочої поверхні даного сопла полягає в тому, що воно складається з трьох основних частин: вхідна широка конічна горловина, вузька циліндрична частина, вихідна вузька конічна частина. Січення з геометричними розмірами сопла показано на рис. 2.

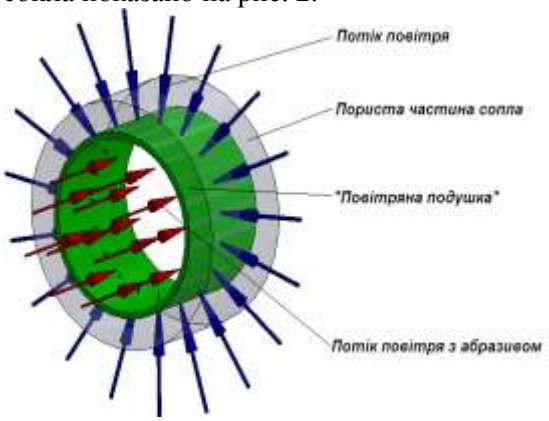


Рис. 1. **Схема утворення повітряної подушки на внутрішній поверхні частини сопла.**

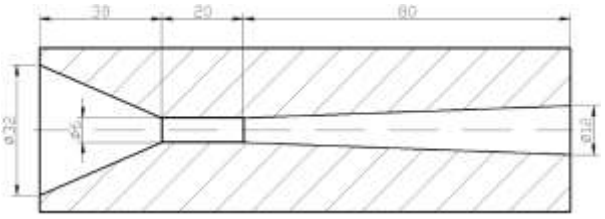


Рис. 2. **Основні внутрішні геометричні розміри профілю сопла UDC32–450 форми Вентурі.**

Дослідивши спрацьовані сопла даної конструкції дійшли висновку, що воно втрачає свої продуктивні робочі властивості в основному через зношення вузької циліндричної частини. В даній зоні проходять найбільш екстремальні умови роботи, висока концентрація абразивних частинок. Отож при спрацюванні даної частини сопла, а саме при збільшенні внутрішнього діаметру втрачаються основні продуктивні характеристики потоку повітря з абразивом. Тому було прийнято рішення максимальну увагу спрямувати на дану зону і усувати спрацювання саме там.

Отже, для виготовлення такого виробу сопло повинно бути збірним [3]. Опишемо процес виготовлення і дослідження пористого зразка, яке буде використовуватися в збірній конструкції сопла абразивоструменевої машини.

В якості вихідного матеріалу прийняли титановий порошок марки ПТХ-1 (рис. 3). Такий вибір матеріалу обумовлений хорошими технологічними властивостями порошку при його пресуванні, здатності спікатися при СВС процесі, що є надзвичайно енергоефективним і економічним методом спікання [4].

Фракційний склад титанового порошку для виготовлення експериментальних зразків та їх випробування обирали виходячи із міркувань забезпечення мінімальних втрат тиску при проходженні повітря через пористе середовище, забезпечення можливості створення достатньої кількості пористих каналів для виходу повітря та забезпечення при цьому достатньої міцності таких пористих порошкових матеріалів. Виходячи з цього однозначно неприйнятними для виготовлення порошкових зразків є дуже дрібні фракції порошку, оскільки вони створюють значні перепади тисків при проходженні повітря через такі пористі зразки, а також крупні фракції порошку (>1 мм) через недостатню кількість створюваних повітряних каналів, що не дозволяє забезпечити необхідну рівномірність і стабільність створюваного ними повітряного потоку, а також досить низька міцність таких зразків із високою пористістю. Тому для проведення експериментальних досліджень попередньо було прийнято для виготовлення порошкових зразків титановий порошок двох фракцій: -1мм…+0,63мм та -0,63мм…+0,4мм.

В якості оснастки було виготовлено прес-форму з пуансоном (рис. 4), на якій можна виготовляти зразки у формі шайби з Ø30мм і висотою 5мм. Висота в 5мм обумовлена її властивостями міцності та технологічністю виготовлення. Процес пресування виконували на вертикальному гідравлічному пресі (рис. 5).



Рис. 3. ***Порошок марки ПТХ-1 на основі титану.***



Рис. 4. **Матриця з пуансоном для виготовлення зразків у формі шайби з Ø30мм.**

Для потреб експерименту у визначенні перепаду тиску при проходженні повітря через пористі шайби було виготовлено 18 зразків:

- 3 шт. з пористістю 30 % і фракцією порошку -0,63мм…+0,4мм;
- 3 шт. з пористістю 40 % і фракцією порошку -0,63мм…+0,4мм;
- 3 шт. з пористістю 50 % і фракцією порошку -0,63мм…+0,4мм;
- 3 шт. з пористістю 30 % і фракцією порошку -1мм…+0,63мм;
- 3 шт. з пористістю 40 % і фракцією порошку -1мм…+0,63мм;
- 3 шт. з пористістю 50 % і фракцією порошку -1мм…+0,63мм.

Для забезпечення визначеної пористості зразків, користувалися ваговим методом. Отже суцільний титановий зразок (шайба з Ø30мм і висотою 5мм) має масу – 16,23 гр., тоді:

- зразок з пористістю 30% - 11,361 гр.;
- зразок з пористістю 40% - 9,738 гр.;
- зразок з пористістю 50% - 8,115 гр.

Пресування проводилося з швидкістю подачі тиску - 50кг/сек. Після досягнення необхідного ходу пуансона, який визначається досягненням висоти зразка в 5мм, витримували при статичному тиску 2хв. Усереднені значення тиску пресування зведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Усереднені значення тиску пресування пористих зразків.

№ п/п	Фракція, мм	Пористість, %	Тиск пресування, кгс/мм^2
1	-0,63…+0,4	30	9,224
2		40	4,341
3		50	2,689
4	-1…+0,63	30	8,398
5		40	5,331
6		50	2,831

Також були спроби виготовити пористі зразки з пористістю більше ніж 50%, але усі вони закінчувалися невдачею, оскільки розвалювалися при їх діставанні з прес-форми, тобто зв’язки між часточками порошку були дуже слабкими. Тому виготовлення порошкових зразків з пористістю більше 50% вважаємо недоцільним через недостатню міцність одержуваного пористого матеріалу.

Наступний процес, який потрібно виконати над спресованими зразками – це спікання, в нашому випадку застосуємо СВС процес. Для забезпечення проходження даної реакції синтезу спресованого матеріалу порошку ПТХ-1, необхідно підвести джерело тепла до зразків, в нашому випадку використовували плазмовий пальник МУЛЬТИПЛАЗ. Фрагмент СВС процесу зображено на рис. 6.



Рис. 5. **Пресування пористих зразків на вертикальному гідравлічному пресі.**



Рис. 6. **Спікання зразків при СВС процесі.**

На рис. 7 зображено дослідний пористий зразок до і після спікання.



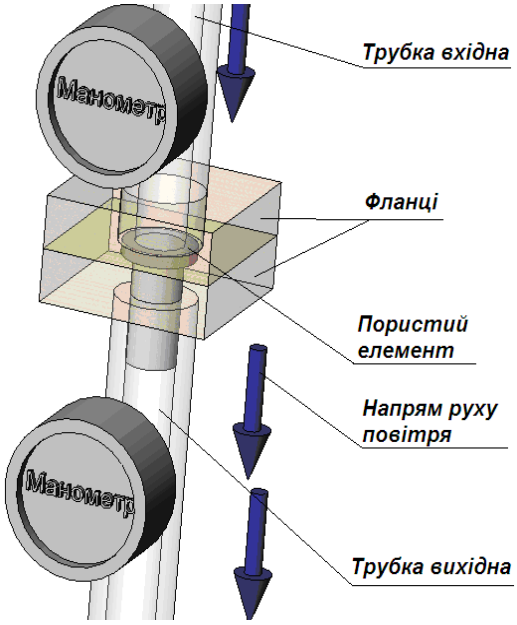
а) б)

Рис. 7. **Дослідний пористий зразок до (а) і після спікання (б).**

Наступний етап дослідження це визначення перепаду тиску повітря через одержані порошкові зразки, які виготовлені з різних фракцій порошку титану з різними пористостями. Результати даного досліду є дуже важливими, оскільки згідно них можна буде судити про характер і ступінь впливу фракційного складу порошку і пористості пористої вставки сопла на одержуваний перепад тисків.

Для цього було виготовлено експериментальну установку для визначення перепаду тиску при проходженні потоку повітря через пористі порошкові зразки (див. рис. 8-9). Максимальний тиск установки 6 атм, що є достатнім для експериментальних випробувань, оскільки сопла Вентурі промислових установок, що взяті нами за основу для удосконалення, працюють при даному або ж нижчому тисках.

Схема роботи експериментальної установки та її загальний вигляд зображено на рисунку 8. В спеціальне гніздо у фланці вставляється пористий зразок типу шайба Ø30мм і висотою 5мм. Між фланцями до яких прикріплені вхідна та вихідна трубки вставляється гумове ущільнююче кільце, потім фланці скручуються болтами з гайками до досягнення герметичності. Далі установка через штуцер з шлангом приєднується до ресивера з компресором (рис. 9).



а)



б)

Рис. 8. **Схема (а) роботи експериментальної установки для визначення перепаду тиску при проходженні повітря через пористий зразок та її загальний вигляд (б).**



Рис. 9. **Експериментальний стенд для визначення перепаду тиску повітря при його проходженні крізь пористий зразок.**

Методика проведення експерименту полягає в накачуванні повітря до тиску більше 6 атм і через кран, який розміщений на кінці вхідної трубки, випусканні його, яке в свою чергу проходить через пористий зразок. Для прикладу розглянемо визначення перепаду тиску зразка з пористістю – 50%, який виготовлений з порошку фракції -1мм…+0,63мм. На манометрі вхідної трубки тиск повітря 6 атм, швидко відкриваємо кран, щоб тиск повітря після того як воно пройшло крізь пористу вставку вільно виходило назовні установки (манометр на вихідній трубці покаже 0 атм надлишкових), і бачимо що на вхідній трубці манометр покаже 0,8 атм. Виконуємо таку процедуру багато разів, щоб встановити закон перепаду тиску повітря при різному вхідному тиску повітря (типу при 6 атм, 5 атм, 4 атм і т.д.). провівши 18 експериментів отримуємо криві перепаду тиску повітря при різних тисках і різних пористостях. Отримані експериментальні дані зведемо в графіки (рис. 10 - 15).

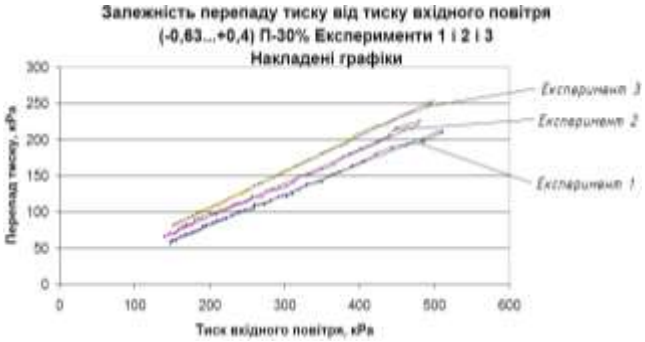


Рис. 10. **Зведені в графіки експериментальні значення перепаду тиску пористого зразка виготовленого з порошку фракції -0,63мм…+0,4мм з пористістю 30%.**

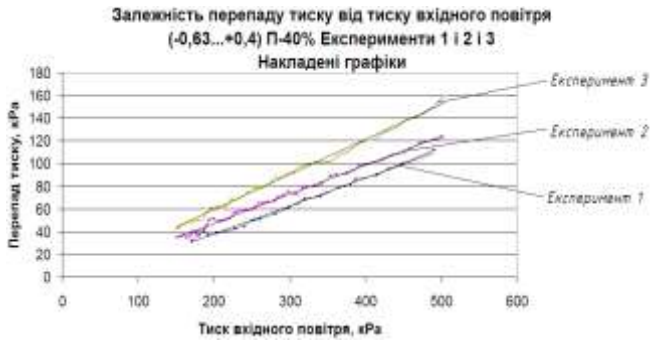


Рис. 11. **Зведені в графіки експериментальні значення перепаду тиску пористого зразка виготовленого з порошку фракції -0,63мм…+0,4мм з пористістю 40%.**

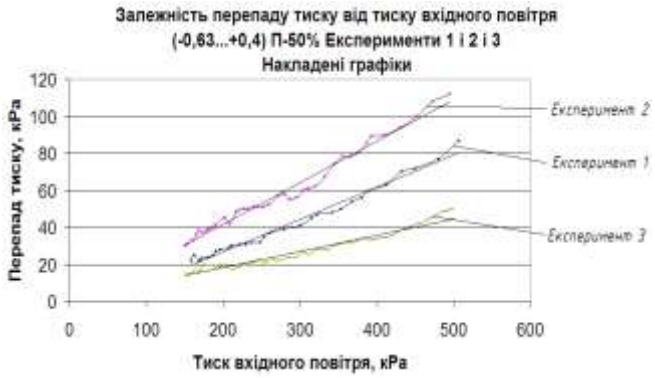


Рис. 12. **Зведені в графіки експериментальні значення перепаду тиску пористого зразка виготовленого з порошку фракції - 0,63мм…+0,4мм з пористістю 50%.**

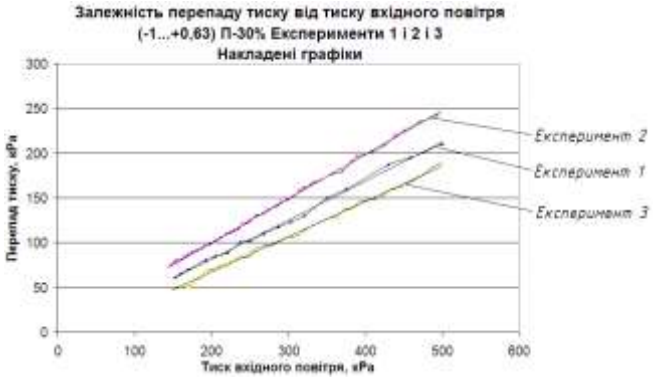


Рис. 13. **Зведені в графіки експериментальні значення перепаду тиску пористого зразка виготовленого з порошку фракції - 1мм…+0,63мм з пористістю 30%.**

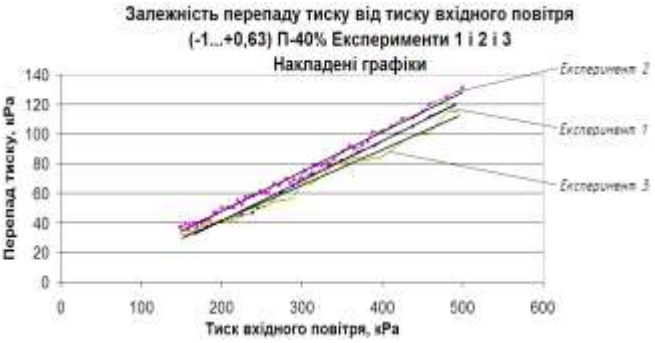


Рис. 14. **Зведені в графіки експериментальні значення перепаду тиску пористого зразка виготовленого з порошку фракції -** 1мм…+0,63мм з пористістю 40%.



Рис. 15. **Зведені в графіки експериментальні значення перепаду тиску пористого зразка виготовленого з порошку фракції - 1мм…+0,63мм з пористістю 50% та їх лінійні апроксимації.**

Для наочності наведемо один приклад (фракція -1мм…+0,63мм при пористості 50%) опрацювання даних. На рис. 15 зображено графіки залежностей перепаду тиску повітря від тиску вхідного повітря. Апроксимувавши експериментальні точки в усереднений графік отримуємо залежність, яка є лінійною на ділянці від 0 кПа до 600 кПа. Усереднену залежність трьох експериментів зведемо в одну залежність (рис. 16).

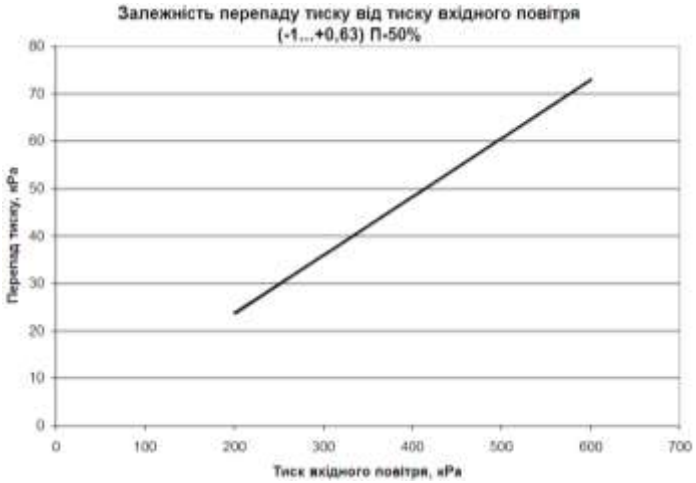


Рис. 16. **Усереднена залежність перепаду тиску від тиску вхідного повітря**

Як видно з рис. 11, отримана залежність є лінійної у вказаному діапазоні тисків і її можна описати рівнянням:

$$y = 0{,}1223x - 0{,}5629, \quad (1)$$

Або ж для нашого випадку формула для визначення перепад тиску в зразку виготовленого з фракції -1мм…+0,63мм порошку титану при пористості 50%:

$$\Delta P = 0{,}1223 \cdot P_{вх} - 0{,}5629, \quad (2)$$

де $P_{вх}$ - тиск вхідного повітря, атм.

Аналогічні розрахунки та усереднення проводимо і для всіх інших експериментів і зводимо усі результати в один загальний графік (рис. 17).

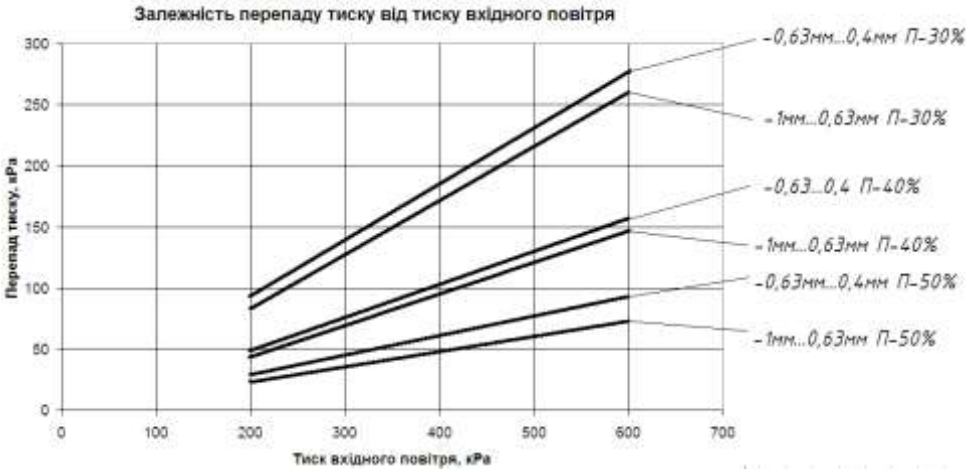


Рис. 17. **Узагальнений графік залежностей перепаду тиску від вхідного тиску повітря, при різних пористостях та фракційному складі пористих зразків виготовлених з порошку марки ПТХ-1.**

Висновки. Отже, дослідження проведені в даній статті переконали нас у правильності вибору структурних параметрів майбутньої пористої вставки сопла, що є об'єктом дослідження. Аналізуючи одержані результати та графіки зображені на рис. 17, можна дійти висновку, що найменші перепади тиску, а отже і опір вхідному потоку повітря, яке проходить через пористий зразок, виникає у пористих зразках із фракційним складом -1мм…+0,63мм і пористістю 50%, тому саме такі параметри найдоцільніше обрати для виготовлення пористої частини сопла, що удосконалюється. Робоча міцність зразка з даними параметрами забезпечується оскільки зразок не руйнувався при дослідженні, а умови в яких буде працювати пориста вставка з вибраними нами структурними параметрами не будуть жорсткішими. Для прогнозування перепаду тисків пористої частини порошкового сопла із рекомендованими параметрами можна скористатись одержаною нами залежністю (2) описаною вище.

1. Сичук В.А., Заболотний О.В. Технологія отримання зносостійкого сопла піскоструменевої машини методом сухого радіально-ізостатичного пресування. // Науковий журнал «Технологічні комплекси». - №1. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – с. 124-129.
2. Сичук В.А., Заболотний О.В. Нова технологія виготовлення та особливості використання зносостійкого сопла піскоструменевої машини // Наукові нотатки. – Випуск 29. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – с. 179-184.
3. Oleg Zabolotnyi, Victor Sychuk. Functional simulation and manufacturing of porous element of new design nozzle for sandblasting machines // Сборник трудов международной конференции «Научные принципы и подходы, методы и технологии, системный анализ и статическая обработка данных о создании, диагностике, модернизации композитных материалов и покрытий с нанодобавками, работающих в условиях динамического и высокоэнергетического нагружения». 26-27 сентября 2013, Москва, РФ. – М.: НИИ радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им Н.Э. Баумана. 2013. – С.27-39.
4. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. – Минск: Дэбор, 1998. – 258с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014.

©В.А.Сичук, О.В.Заболотний

УДК 624.012.82:81.81.07

В.М.Сідей, В.А.Пашинський
Кіровоградський національний технічний університет

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ЦЕГЛИ ЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ДАНИМИ

За результатами експериментального дослідження та статистичного аналізу метеорологічних даних розроблена методика визначення статистичних характеристик температури й ступеню насичення вологою пор поверхневого шару цегляних стін в заданих кліматичних умовах експлуатації.

Ключові слова: *цегляні стіни, сорбційна вологість, температура, морозостійкість, довговічність*
Рис 4. Форм 4. Літ 12

В.Н.Сидей, В.А.Пашинский

ПОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА КИРПИЧА ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

По результатам экспериментального исследования и статистического анализа метеорологических данных разработана методика определения статистических характеристик температуры и степени насыщения влагой пор поверхностного слоя кирпичных стен в заданных климатических условиях эксплуатации.

Ключевые слова: *кирпичные стены, сорбционная влажность, температура, морозостойкость, долговечность*

V.Sidei, V.Pashynskiy

METEOROLOGICAL DATA FORCASTING OF TEMPERATURE AND HUMIDITY MODE OF BRICKS

Based on the results of the experiment it is specified that the temperature of the surface layer of brick walls is close to the temperature of the air. Brick sorption humidity is linearly dependent on the relative humidity of air, averaged over half of the month. Statistical analysis of long-term observations of temperature and humidity of air in Kirovograd weather station confirmed the possibility of the probabilistic description of the climatic parameters in the form of quasi-stationary random processes. Ordinates temperature distributions are described by normal distribution law and those of relative humidity and degree of saturation of the pore ceramics with moisture sorption – by the sliced normal distribution law. It is established that the process of change of temperature and humidity in the winter months can be considered practically independent. We found the average annual variation and temperature conversions through zero degrees Celsius in different geographic regions of Ukraine, which can be regarded as the number of cycles of freezing and thawing of the surface layer of the brick walls. Working formulas to determine the statistical characteristics of the degree of the ceramics pore saturation with sorption moisture through the statistical characteristics of the random process of humidity changes of air were obtained. A large inertia of moisture exchange between the wall and the ambient air causes significant smoothing of random process changes of humidity. The obtained results and working formulas are an important element of forecasting methodology of brick walls durability on the criterion of frost resistance loss of the surface layer.

Keywords: *brick walls, sorption humidity, temperature, frost resistance, durability*

Постановка проблеми. Довговічність цегляних стін значною мірою визначається морозостійкістю цегли в реальних кліматичних умовах експлуатації. Ресурс кераміки при дії циклів заморожування-відтавання залежить не лише від кількості таких циклів та властивостей матеріалу, але й від ступеню заповнення його пор водою. Тому для достовірного прогнозування показників довговічності необхідно розробити методику визначення температури й вологості поверхневого шару цегляних стін, у якому відбувається морозна деструкція, за метеорологічними даними про температуру й вологість атмосферного повітря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги до технічних характеристик керамічної цегли встановлені стандартом [2], а методи їх експериментального визначення регламентовані [1]. На підставі результатів випробувань понад 400 зразків будівельної кераміки в роботі [5] встановлена стохастична залежність її ресурсу від ступеню насичення пор водою. В роботі [7] на підставі статистичного аналізу опублікованих в [9] результатів метеорологічних спостережень розроблена імовірнісна модель температури атмосферного повітря, за якою в [6] проаналізовані середні кількості переходів температури через нуль градусів. Опубліковані в

©В.М.Сідей, В.А.Пашинський

[10] узагальнені статистичні дані дозволяють здійснити імовірнісне подання змін вологості атмосферного повітря на території України. Загалом наявні статистичні дані [7, 9, 10] та результати раніше виконаних досліджень [5, 6] дозволяють перейти до оцінювання показників довговічності цегляних стін за критерієм втрати морозостійкості.

Невирішені частини проблеми. Однією з нерозв'язаних частин задачі прогнозування довговічності кераміки за критерієм морозостійкості є перехід від температури й вологості атмосферного повітря до температури та ступеню насичення пор поверхневого шару цегляних стін атмосферною вологою. Для цього необхідно пов'язати метеорологічні параметри атмосферного повітря з температурою та сорбційною вологістю поверхневого шару стіни.

Мета дослідження полягає в розробленні методики визначення характеристик температури й вологості поверхневого шару цегляної стіни в режимі нормальної експлуатації за кліматичними параметрами атмосферного повітря.

Експериментальні дослідження тепловологісного режиму керамічної цегли зводилися до систематичних синхронних вимірювань температури й вологості повітря та тих же параметрів зразків цегли, викладених на відкритому повітрі під навісом, який захищав їх від прямого впливу атмосферних опадів. У період з лютого по квітень, для якого характерні часті зміни вологості й температури повітря, проводилися восьмистрокові вимірювання температури повітря, а також поверхневого шару цегли за допомогою вмонтованих термопар. Фіксувалися середньодобові значення вологості повітря, встановлені за результатами вимірювань на метеостанції, та з інтервалом в 1 – 2 доби виконувалося зважування зразків цегли з метою визначення її вологості.

Статистичний аналіз експериментальних даних показав, що температура поверхневого шару цегли на глибині 1–2 см досить близька до температури атмосферного повітря. Як правило, температура цегли перевищує температуру повітря в межах 1°С. Оскільки ця різниця більш помітна вдень і наближається до нуля вночі, додаткове нагрівання цегли можна пояснити дією розсіяної сонячної радіації. Незначна теплова інерція системи "атмосферне повітря – поверхня цегли" дозволяє вважати температуру поверхневого шару цегляних стін рівною температурі атмосферного повітря, визначеній за результатами стандартних восьмистрокових вимірювань.

Аналіз експериментальних даних показав, що вологість цегли приблизно у п'ять разів менша за вологість атмосферного повітря та змінюється досить синхронно зі змінами вологості повітря. Згладженість та затримка в часі порівняно з вологістю повітря обумовлена інерційністю процесу міграції вологи між атмосферним повітрям і цеглою. За експериментальними даними встановлена залежність ступеню насичення пор цегли водою (відсоткове відношення вологості W до водопоглинання цегли за масою W_{max}, $H = 100 \times W / W_{max}$) від вологості атмосферного повітря

$$\mathrm{H} = 1{,}15 \times W_{16} - 42\,, \qquad (1)$$

де W_{16} – середня протягом попередніх 16 діб відносна вологість повітря у %.

За результатами статистичної обробки значень ступеню насичення пор окремих цеглин стандарт ступеню насичення пор керамічної цегли можна вважати рівним 16%. Ця величина та формула (1) дозволяють за наявними метеорологічними даними визначати середнє значення та стандарт випадкової величини ступеню насичення пор керамічної цегли.

Метеорологічні параметри атмосферного повітря досліджені за даними багаторічних спостережень на метеостанції м. Кіровоград. Зміни температури й вологості повітря можна описати запропонованою в [4] імовірнісною моделлю квазістаціонарного випадкового процесу з річним періодом нестаціонарності математичного сподівання й стандарту, для чого слід визначити такі характеристики:

- річні функції математичного сподівання та стандарту в формі апроксимуючих функцій чи послідовностей з 12-ти місячних значень;
- вид і параметри законів розподілу ординати (нормальний – для температури повітря і зрізаний нормальний – для вологості повітря);
- значення ефективної частоти обох процесів та нормовану кореляційну функцію випадкового процесу вологості повітря (у зв'язку з необхідністю його інтегрування).

©В.М.Сідей, В.А.Пашинський

В дослідженнях [4, 7] показано, що закон розподілу ординати середньодобової температури повітря є близьким до нормального. Цей висновок підтверджується багаторічними даними метеостанції Кіровоград, за якими збудовані приклади гістограм розподілу, наведені на рисунку 1. Не дивлячись на незначну лівосторонню асиметрію, нормальний закон розподілу не суперечить дослідним гістограмам.

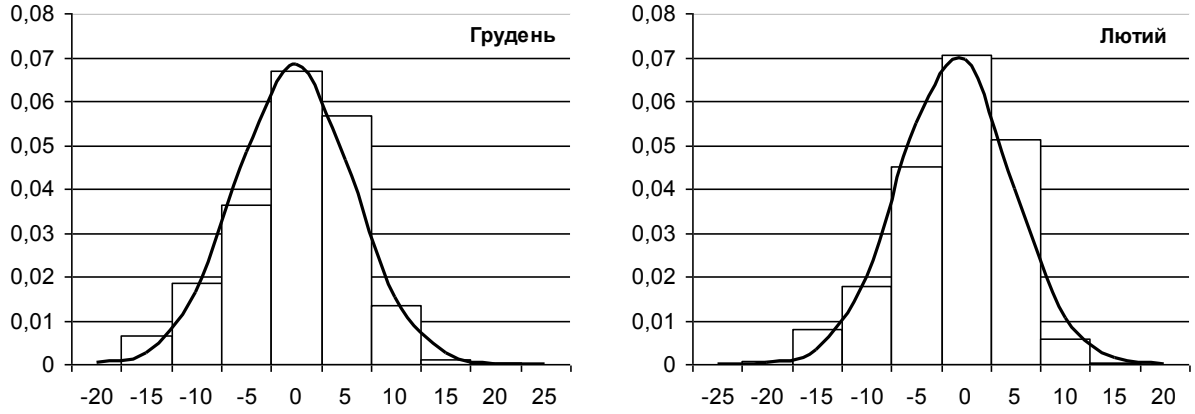


Рис. 1 **Гістограми розподілу ординати випадкового процесу температури повітря на метеостанції Кіровоград для зимових місяців року**

Закон розподілу ординати випадкового процесу вологості повітря має складнішу форму, обумовлену фізичними обмеженнями області визначення відносної вологості 0≤W≤100%. Гістограми розподілу, наведені на рисунку 2, можуть описуватися зрізаним нормальним розподілом [4, 12], густина якого має вигляд

$$f(k) = \frac{C}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left[-\frac{(k-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]. \qquad (2)$$

Параметри C, μ, σ визначаються через середні значення та стандарти проаналізованих вибірок шляхом розв'язання системи з трьох нелінійних рівнянь, які встановлюють рівність теоретичних і дослідних числових характеристик з урахуванням вказаної вище області визначення.

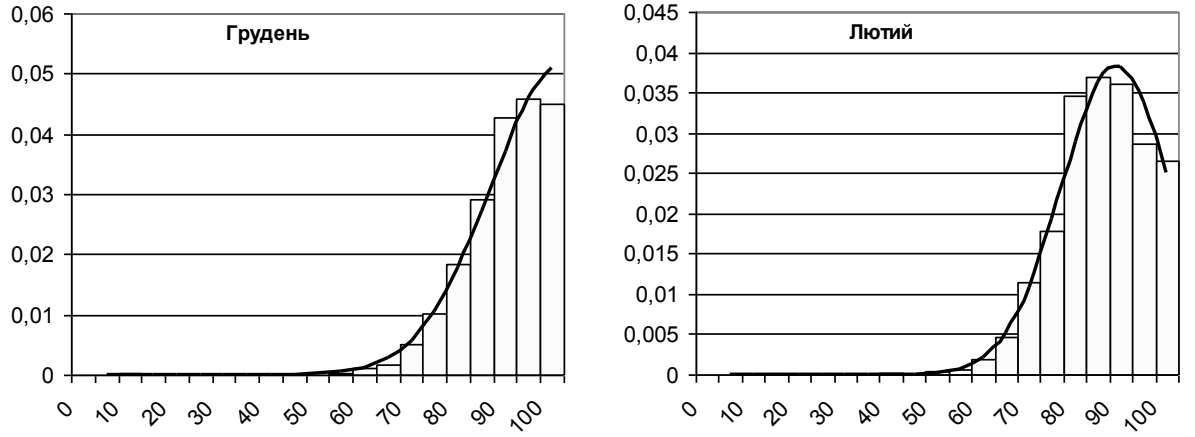


Рис. 2. **Гістограми розподілу ординати випадкового процесу відносної вологості повітря на метеостанції Кіровоград**

Частотну структуру випадкових процесів температури й вологості атмосферного повітря можна задати незмінними в часі значеннями ефективної частоти. Окрім того, обчислені нормовані кореляційні функції процесу змін вологості повітря в різні місяці року, які мають форму експоненти і в середньому можуть бути описані аналітичним виразом

©В.М.Сідей, В.А.Пашинський

$$R(\tau) = e^{-\alpha\tau} = e^{-0,7\tau} \quad (3)$$

Наявність нормованої кореляційної функції (3) дозволяє осереднювати випадковий процес змін вологості на заданому інтервалі за аналітичною методикою [4, 11].

Кількість циклів заморожування-відтавання поверхневого шару цегляних стін на території України встановлена з урахуванням змін температури атмосферного повітря. Необхідні статистичні характеристики випадкового процесу змін середньодобової температури повітря на багатьох метеостанціях України отримані й наведені в монографії [7]. Це дозволило в роботі [6] на основі формули Райса встановити, що кількість односторонніх переходів через нуль середньодобової температури повітря на різних метеостанціях України коливається в межах від 11 до 14 циклів на рік. Ці результати відображають тривалі (понад добу) відлиги й заморозки, які слід ураховувати при прогнозуванні температурного режиму масивних конструкцій. Оскільки зміни температури поверхневих шарів цегли практично повторюють зміни процесу температури повітря, кількість циклів заморожування-відтавання може бути дещо більшою за рахунок добових коливань температури. За даними довідника [9], де наведені середньомісячні кількості днів з переходом температури через нуль, отримані середньомісячні кількості циклів заморожування-відтавання поверхневого шару цегли для 51-ї метеостанції України.

Річний хід кількості циклів заморожування-відтавання для північних районів України характеризується максимальними місячними значеннями весною та восени. Для південних метеостанцій, де морози бувають тільки посеред зими, характерний один зимовий максимум. Такий характер зміни середньомісячної кількості циклів заморожування-відтавання протягом зими ілюструється рисунком 3, збудованим за даними п'яти метеостанцій з різних географічних районів України: Ялта, Одеса, Кіровоград, Семенівка, Руська Мокра.

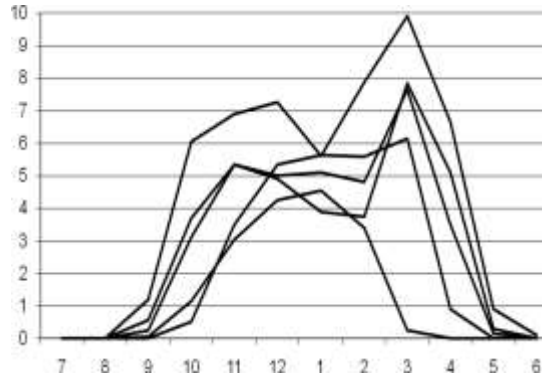


Рис. 3. **Сезонні зміни середньомісячної кількості циклів переходу температури повітря через нуль**

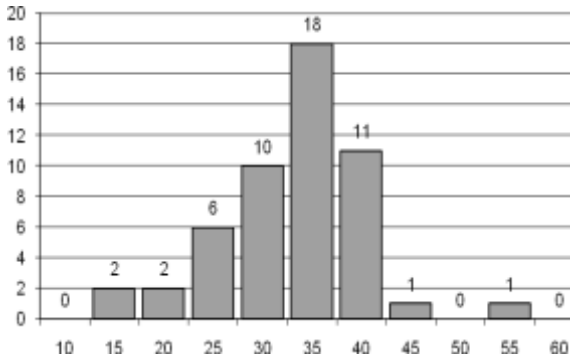


Рис. 4. **Розподіл метеостанцій за річною кількістю циклів переходу температури повітря через нуль**

Сумарна річна кількість циклів має значний розкид, відображений на гістограмі з рисунка 4. На переважній більшості метеостанцій протягом року спостерігається від 20 до 40 циклів, на 4 метеостанціях – менше 20 циклів, а на двох – більше 40 циклів. Найменша кількість циклів (до 30) спостерігається на метеостанціях, розташованих безпосередньо біля моря, що можна пояснити теплоакумулюючим впливом великих мас води зі значною теплоємністю, який згладжує добові перепади й тим самим стабілізує температуру повітря. На південних метеостанціях, де восени й весною звичайно бувають плюсові температури, спостерігається 30 – 34 цикли на рік, а в інших зонах України – до 80 циклів переходу температури повітря через нуль. Найбільші кількості циклів спостерігаються на гірських метеостанціях (Ай-Петрі, Руська Мокра, Стрий) для яких характерні значні добові перепади температури повітря. На кількість циклів переходу температури через нуль істотно впливають мікрокліматичні параметри, про що свідчить, наприклад, велике значення для південної метеостанції Сімферополь і набагато менше для Конотопа, розташованого на півночі України. Стандарти кількостей циклів заморожування-відтавання поверхневого шару стін можна орієнтовно визначити через

коефіцієнт варіації V=0,5 кількості переходів через нуль температури повітря, який за даними метеостанції Кіровоград.

Процес змін вологості стінового матеріалу є згладженим випадковим процесом змін вологості повітря при виявленому вище інтервалі згладжування Z=16 діб. При наявності первинних даних згладжування процесу температури повітря можна виконати шляхом осереднення відповідних відрізків реалізації. Якщо наявні лише статистичні характеристики випадкового процесу вологості повітря, визначені за даними довідника [10] чи за іншими згрупованими даними, слід застосувати методику інтегрування випадкових процесів, викладену в загальному вигляді в [9, 11] і адаптовану в [4] до розв'язання аналогічної задачі визначення температури масивних конструкцій. З урахуванням методики [4, 9, 11], залежності (1), ефективної частоти та нормованої кореляційної функції (3), а також додаткового розкиду ступеню насичення пор внаслідок мінливості властивостей цегли, зі стандартом 12%, отримані робочі формули для визначення статистичних характеристик випадкового процесу ступеня насичення пор цегли:

$$M_H(t) = 1{,}15 \times M_П(t) - 42; \qquad S_H(t) = \sqrt{0{,}28 \times S_П^2(t) + 144}; \qquad \omega_Н = 0{,}36 \text{ 1/добу}, \qquad (4)$$

де $M_П(t)$ і $S_П(t)$ – математичне сподівання й стандарт випадкового процесу вологості повітря;
$M_Н(t)$ і $S_Н(t)$ – відповідні характеристики випадкового процесу ступеню насичення пор керамічної цегли.

Розподіл ординати випадкового процесу ступеню насичення пор стінового матеріалу в заданий період року описується зрізаним нормальним законом розподілу (2) з параметрами C, μ, σ, визначеними через статистичні характеристики (4).

За результатами проведеного експерименту, а також багаторічних спостережень на метеостанції м. Кіровоград проаналізовано зв'язок між температурою та відносною вологістю атмосферного повітря, а також між температурою та ступенем насичення пор цегли водою. Близькі до нуля коефіцієнти кореляції в зимовий період дозволяють вважати ці випадкові величини практично незалежними.

Висновки за результатами дослідження:

1. Зміни температури й вологості атмосферного повітря можна описати імовірнісною моделлю квазістаціонарного диференційованого випадкового процесу, причому розподіл ординати температури в зимові місяці року близький до нормального, а вологості – описується зрізаним нормальним законом розподілу.
2. За результатами синхронних вимірювань встановлено, що температура поверхневого шару цегли близька до температури повітря, визначеної за результатами восьмистрокових спостережень, а ступінь насичення пор керамічної цегли сорбційною вологою можна визначити через вологість атмосферного повітря, осереднену за попередню половину місяця.
3. За даними довідника по клімату встановлено середньомісячні та середньорічні кількості переходів температури повітря через нуль та показано, що їх стандарти можна наближено визначати з урахуванням коефіцієнта варіації 0,5.
4. Отримані робочі формули для переходу від статистичних характеристик випадкового процесу вологості атмосферного повітря до статистичних характеристик випадкового процесу ступеню насичення пор цегли сорбційною вологою.
5. Температуру й вологість повітря протягом зимових місяців року можна вважати незалежними випадковими процесами.

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука. - 1969. – 576 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Державний стандарт України. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.
3. ДСТУ Б В.2.7-61-97. Державний стандарт України. Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови.
4. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України.– К.: УкрНДІпроектстальконструкція, 1999.- 185 с.

©В.М.Сідей, В.А.Пашинський

5. Пашинський В.А. Вплив вологості на характеристики морозостійкості будівельної кераміки / Пашинський В.А., Сідей В.М. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Збірник наукових праць.– Рівне, 2013. – Випуск 26. – С. 331–337.
6. Пашинський В.А. Температура атмосферного повітря як чинник довговічності будівельних матеріалів / В.А.Пашинський, А.М.Карюк. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.– Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2012 – Випуск № 47, частина 2. – С. 282-287.
7. Температурні впливи на огороджувальні конструкції будівель / Пашинський В.А., Пушкар Н.В., Карюк А.М. – Одеса : ОДАБА, 2012. – 180 с.
8. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций.- М.: Наука, 1968.- 464 с.
9. Справочник по климату СССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. Выпуск 10.- Л.: Гидрометеоиздат, 1967.- 608 с.
10. Справочник по климату СССР. Часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Выпуск 10.- Л.:Гидрометеоиздат, 1969.- 696 с.
11. Тихонов В.И. Выбросы случайных процессов.- М.: Наука, 1970.- 392 с.
12. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности.- М.: Советское радио, 1962.- 552 с.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014.

©В.М.Сідей, В.А.Пашинський

УДК 629.113

Є.В.Смирнов
Вінницький національний технічний університет

УПРАВЛІННЯ СТРАТЕГІЯМИ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

В роботі розглянуте питання управління стратегіями технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті. Сформульовано типові варіанти технічного розвитку виробництва для комплексних автотранспортних підприємств. На основі методики управління визначенням стратегій проаналізовано особливості та доцільність реалізації різних типів стратегій.

Ключові слова: *автомобільний транспорт, технічний розвиток виробництва, стратегія, рухомий склад, виробничо-технічна база.*

Рис 2. Літ 5.

В работе рассмотрен вопрос управления стратегиями технического развития производства на автомобильном транспорте. Сформулированы типовые варианты технического развития производства для комплексных автотранспортных предприятий. На основе методики управления определением стратегий проанализированы особенности и целесообразность реализации различных типов стратегий.

Road Transport of Ukraine is in critical condition. This situation is primarily due to the physical and moral depreciation of rolling stock. Therefore, we can assert that the technical development of production is one of the most appropriate ways of increasing the effectiveness of road transport enterprises. Given the specifics of technical development, its implementation in road transport enterprises requires the use of strategic management. The paper considers the fundamental model of technical development strategy, which consists of pre-investment, investment and operational phases. Development and selection of technical development strategy performed on pre-investment phase. Technical development strategies usually involve a system update of road transport enterprises, i.e. rolling stock and production-technological base in the complex. Implementation of strategies is doing through developed complexes organizational and technical measures – technical development variants. Based on the activities rolling stock renewal and development of production-technological base author suggested basic variants of technical development. Author developed a method detection control for technical development strategies, which, for a particular road transport enterprises, solves the problem of determining further ways of development and to identify effective strategies for the renewal of rolling stock, in accordance with the market situation and ensure its maintenance in operational condition. Based on the research analyzed the features and feasibility of different types of strategies.

Вступ

На сьогоднішній день ефективність роботи більшості автотранспортних підприємств (АТП) знаходиться в край незадовільному стані. Це, перш за все, пов’язано із значним фізичним та моральним зносом основних виробничих фондів (ОВФ) АТП, при чому як рухомого складу, так і виробничо-технічної бази (ВТБ). Існуючий рухомий склад, за своїми техніко-експлуатаційними показниками, значно поступається автомобілям з меншим терміном служби, а ВТБ не в змозі забезпечити якісну підтримку автомобілів в роботоздатному стані. Внаслідок цього зменшується продуктивність автомобілів, збільшуються потреби в технічних впливах та витрати на запасні частини та матеріали, збільшується потреба в ремонтних робітниках і виробничих потужностях, зменшуються коефіцієнти технічної готовності автомобілів та випуску їх на лінію. Також великий вік рухомого складу призводить до збільшення забруднення навколишнього середовища та аварійності на дорогах. При цьому ситуація ускладнюється відсутністю коштів у АТП на оновлення ОВФ та зниженням можливості залучення ними інвестицій з зовнішніх джерел.

Одним із шляхів вирішення проблеми підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств є технічний розвиток виробництва, тобто оновлення основних виробничих фондів підприємств, а саме їх активної та пасивної чистин. Стосовно підприємств автомобільного транспорту технічний розвиток в першу чергу передбачає оновлення рухомого складу більш сучасними та ефективними моделями автомобілів з урахуванням забезпечення їх підтримки в роботоздатному стані.

Проблемі технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті приділяли увагу такі відомих вітчизняні та іноземні вчені, як Бідняк М.Н., Варфоломєєв В.Н., Говорущенко М.Я., Канарчук В.Є., Кузнєцов Є.С., Курніков І.П., Лудченко О.А. і багато інших.

©Є.В.Смирнов

Віддаючи належне їх працям, необхідно підкреслити, що існуючі доробки з питань технічного розвитку виробництва розглядають питання оновлення рухомого складу та розвитку виробничо-технічної бази окремо, або розглядають цей зв'язок досить поверхнево.

Крім того багато праць засновані на засадах планової економіки, що не актуально для сьогоднішніх умов господарювання. Серед сучасних робіт, які відповідають ринковим механізмам господарювання, варто виділити роботу [1] авторів Бідняка М.Н., Бондар Н.М. Автори приділили багато уваги економічним аспектам оновлення рухомого складу АТП, однак в роботі не розглянуто питання підтримки нових автомобілів в роботоздатному стані, що суттєво впливає на остаточний економічний ефект.

Таким чином виникає потреба розробки науково обґрунтованих методів управління технічним розвитком виробництва на автомобільному транспорті з урахуванням взаємозв'язків між оновленням рухомого складу та розвитком ВТБ, які б відповідали сучасній економічній ситуації.

Основна частина

Впровадження технічного розвитку виробництва АТП виконується в середньостроковій і довгостроковій перспективі, що вимагає застосування стратегічного управління – тобто формування стратегій технічного розвитку виробництва.

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. У діловому житті під стратегією розуміється загальна концепція того, як досягається мета організації, вирішуються проблеми, які стоять перед нею, і розподіляються необхідні для цього обмежені ресурси.

Основу концепції управління стратегією розвитку складає погляд на неї, як на зміну вихідного стану будь-якої системи, пов'язану з витратами часу і засобів. Управління стратегією як система діяльності існує рівно стільки часу, скільки його потрібно для досягнення цілей. З точки зору системного підходу реалізацію стратегії можна розглядати як процес переходу з вихідного стану в кінцевий – результат за участю ряду обмежень і механізмів. [2,3].

Управління стратегією і її реалізація являють складну систему, в якій сама стратегія виступає як керована підсистема, а керуючою підсистемою є її управління.

Розробка і реалізація стратегії може бути представлена у вигляді принципової моделі, представленої на рис. 1.

Укрупнено життєвий цикл стратегії можна розділити на три основні фази: передінвестиційну, інвестиційну та експлуатаційну. Кожна із цих фаз, у свою чергу, поділяється на стадії (етапи). При розробці та реалізації дуже великих стратегій кількість фаз і етапів може бути збільшена. Розподіл стратегії на фази відбувається з виявленням контрольних точок, при настанні яких надходить додаткова інформація та аналізуються можливі напрямки діяльності [2, 3].

Передінвестиційна фаза є першою фазою стратегії розвитку, протягом якої, основна задумка трансформується в бізнес-план, який дозволяє оцінити та обґрунтувати її. Вона є ключовим моментом в прийнятті рішення про реалізацію тих чи інших стратегій інвестором, адже більш доцільно витратити кошти на дослідження стратегії і при негативних результатах відмовитись від її реалізації.

Якщо ідея стратегії виявилась прийнятною, виконується комплексний аналіз, метою якого є визначення результатів її реалізації. Центральним моментом роботи над передінвестиційною фазою є розробка техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), по результатам якого приймається рішення про доцільність залучення ресурсів для реалізації стратегії.

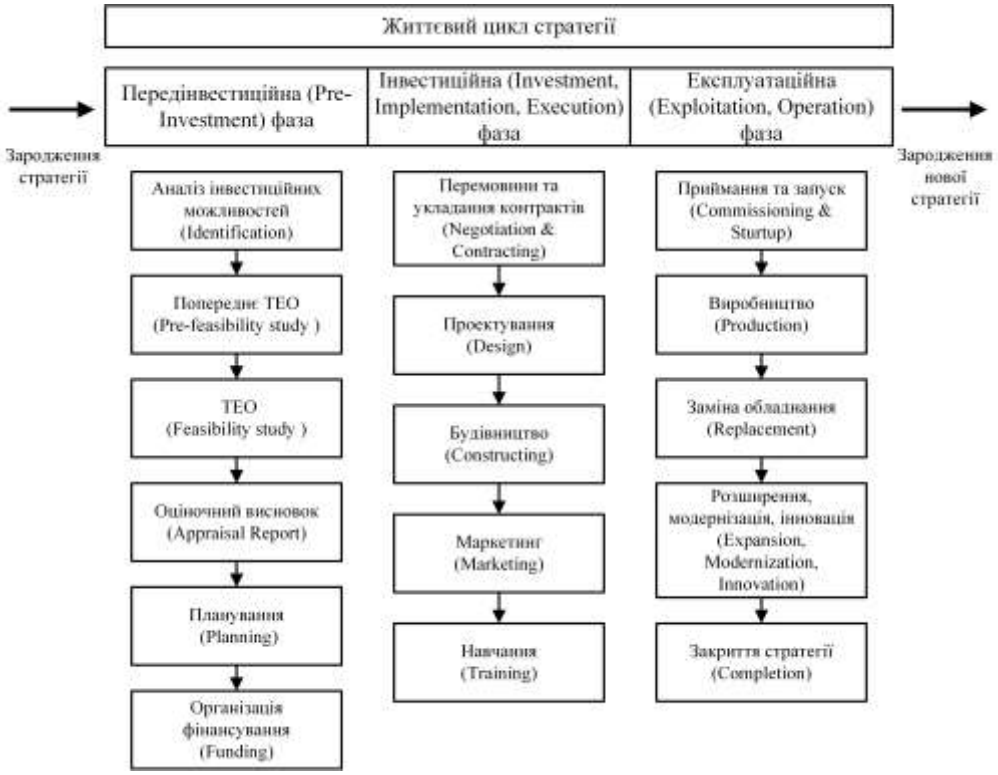


Рис.1. **Принципова модель стратегії технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті**

Стадіями цієї фази є:

1. Аналіз інвестиційних можливостей;
2. Попереднє техніко-економічне обґрунтування (ТЕО);
3. Виконання ТЕО, розробка бізнес-плану;
4. Висновок стосовно стратегії і ухвалення рішення про її фінансування (оцінний висновок);
6. Планування;
7. Організація інвестування.

Інвестиційна фаза є початковою фазою реалізації стратегії. На протязі даної фази зазвичай виконується залучення основних обсягів інвестицій (початкові інвестиції). На даному етапі зазвичай виконуються роботи з будівництва (реконструкції, капітального ремонту) об'єктів, придбання (виготовлення) і монтаж обладнання, пусконалагоджувальні роботи, виробництво дослідних зразків та розробка технічної документації. Тобто на протязі інвестиційної фази стратегії виконується формування або оновлення ОВФ підприємств, укладаються контракти на поставку сировини та комплектуючих, проводиться набір, підготовка та перепідготовка кадрів, формується концепція маркетингу.

Експлуатаційна фаза є найбільш протяжною фазою реалізації стратегії. Дана фаза суттєво впливає на ефективність вкладених інвестицій, адже лише на даній фазі відбувається отримання ефектів реалізації стратегії. Чим дальше буде віднесена в часі її верхня межа, тим більше буде сукупний дохід. На протязі цієї фази виконується запуск виробництва та виробництво продукції, а також завершення виробництва. Крім того на даній фазі може виконуватись заміна обладнання, розширення виробництва та інші заходи передбачені реалізацією стратегії.

Проходження всіх стадій повинне бути послідовним, що створює основу для прийняття раціональних рішень, дозволяє успішну реалізацію стратегії в умовах суцільної інформаційної підтримки. Подальша розбивка істотно залежить від специфіки технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті.

Стосовно підприємств автомобільного транспорту стратегії технічного розвитку виробництва в першу чергу передбачають оновлення активної частини основних виробничих фондів, тобто рухомого складу, більш ефективними моделями, як з точки зору конструкції автомобілів, так і вартості їх експлуатації.

Під оновленням рухомого складу слід розуміти повну або часткову заміну наявного рухомого складу новим. Розрізняють наступні види зміни структури рухомого складу підприємства [4]:

1. Просте поповнення парку – кількісна зміна парку (групи автомобілів), пов'язане зі збільшенням чисельності транспортних засобів по існуючим найменуванням;

2. Складне (розширене) поповнення парку – кількісна зміна парку, пов'язана з придбанням рухомого складу, який раніше не експлуатувався на підприємстві. При цьому, у зв'язку з придбанням автомобілів, які раніше не експлуатувались, відбувається і якісна зміна рухомому складу;

3. Тотожна заміна рухомого складу – якісна зміна парку, пов'язана з заміною кожної старої одиниці рухомого складу на нову того ж найменування;

4. Модернізація парку рухомого складу – якісна зміна парку, тобто заміна рухомого складу одного найменування на більш ефективні транспортні засоби іншого найменування. При цьому можливо, що більш ефективні типи або марки рухомого складу ніколи раніше не експлуатувалися на даному підприємстві.

Однак, при заміні старих автомобілів на більш сучасні нові, може скластися така ситуація, коли нові автомобілі за своєю конструкцією відрізняються від існуючих, причому ця різниця може буде досить суттєвою. Це означає, що виробничо-технічна база, яка роками формувалась на підприємстві і створювалась під наявні автомобілі, буде не в змозі забезпечити підтримку в роботоздатному стані автомобілів, які планується придбати. Тому в реальних стратегіях технічного розвитку, окрім оновлення активної чистини основних виробничих фондів, необхідно додатково проводити оновлення ще й пасивної частини – виробничо-технічної бази (ВТБ) підприємства, основними напрямками розвитку якої є модернізація, технічне переозброєння та реконструкція ВТБ.

Під модернізацією ВТБ слід розуміти часткову (зазвичай незначну) заміну технологічного обладнання та технологій ТО і ремонту автомобілів на більш сучасні та ефективні види з метою збільшення якості та ефективності системи підтримки рухомого складу у роботоздатному стані.

До технічного переозброєння діючого АТП відносяться роботи, пов'язані з встановленням нових типів технологічного обладнання без розширення виробничих площ, а також впровадження потокових методів ТО, нових технологічних процесів. До технічного переозброєння також відносяться окремі заходи по охороні природи, покращенню стану допоміжних служб.

Реконструкцією діючого підприємства є переобладнання або будівництво будівлі чи споруди основного виробництва, яке визвано необхідністю ліквідації існуючої будівлі або споруди; заміна морально застарілого та фізично зношеного устаткування; докорінна перебудова окремих зон та дільниць з покращенням їх технічних показників; збільшення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів, застосування сучасних технологій; перепланування і переобладнання будівель і споруд у зв'язку з їх моральним зносом або зміною технологічної схеми виробництва, обмеженні викидів в навколишнє середовище і їх знешкодженням.

Таким чином стратегія технічного розвитку підприємства автомобільного транспорту являє собою комплекс заходів направлений на підвищення ефективності роботи останнього, заснований на одночасному оновленні активної частини ОВФ, яке передбачається розвитком підприємства на ринку, із відповідними необхідними заходами з оновлення пасивної частин ОВФ.

Для реалізації стратегії розробляються комплекси організаційно-технічних заходів – варіанти технічного розвитку. Варіанти технічного розвитку, в першу чергу, формуються в залежності від типу, марок та кількості рухомого складу, які пропонується придбати, які залишаються на підприємстві, і вибувають з нього. Крім того в межах однієї стратегії технічного розвитку може бути сформовано кілька альтернативних варіантів технічного розвитку (які можуть відрізнятися між собою наприклад вантажопідйомністю рухомого складу, використанням причепів тощо, але застосованими в одному сегменті ринку транспортних послуг). Такі варіанти зазвичай є взаємовиключними, оскільки вони передбачають діяльність підприємства в одному і тому самому сегменті ринку транспортних послуг і передбачають, зазвичай, захоплення однієї і тієї ж самої долі цього ринку. Проте варіанти, передбачені різними стратегічними зонами господарювання, які передбачають вихід на альтернативні ринки транспортних послуг, також будуть альтернативними між собою, проте не взаємовиключними, і, за певних умов, можуть бути реалізовані у вигляді портфеля.

Крім того, в залежності від комплексу заходів з оновлення рухомого складу визначаються заходи з розвитку ВТБ, порядок визначення яких наведено нижче. Таким чином можна запропонувати такі базові варіанти технічного розвитку:

- просте поповнення парку, яке вимагає модернізації існуючої ВТБ;
- просте поповнення парку, яке вимагає технічне переозброєння існуючої ВТБ;
- просте поповнення парку, яке вимагає реконструкцію існуючої ВТБ;
- складне (розширене) поповнення парку, яке вимагає модернізації існуючої ВТБ;
- складне (розширене) поповнення парку, яке вимагає технічне переозброєння існуючої ВТБ;
- складне (розширене) поповнення парку, яке вимагає реконструкції існуючої ВТБ;
- тотожна заміна рухомого складу, яка вимагає модернізації існуючої ВТБ;
- тотожна заміна рухомого складу, яка вимагає технічне переозброєння існуючої ВТБ;
- тотожна заміна рухомого складу, яка вимагає реконструкції існуючої ВТБ;
- модернізація парку рухомого складу, яка вимагає модернізації існуючої ВТБ;
- модернізація парку рухомого складу, яка вимагає технічне переозброєння існуючої ВТБ;
- модернізація парку рухомого складу, яка вимагає реконструкції існуючої ВТБ.

Тобто в результаті передінвестиційних досліджень ми отримаємо множину стратегій технічного розвитку S та відповідні їм множини варіантів реалізації Π^S за стратегією s:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \ldots, S_m\},$$

$$\Pi^s = \{\Pi_1^s, \Pi_2^s, \Pi_3^s, \ldots \Pi_n^s\},$$

де S_1, S_2, S_3, … , S_m – стратегії технічного розвитку;

Π_1^s, Π_2^s, Π_3^s, …, Π_n^s – варіанти технічного розвитку;

s – номер стратегії, реалізацію якої передбачає даний варіант (даний індекс проставляється для ідентифікації альтернативних варіантів в межах однієї стратегії).

Для управління визначенням стратегіями технічного розвитку виробництва автором розроблено методику [5], алгоритм якої наведено на рис. 2.

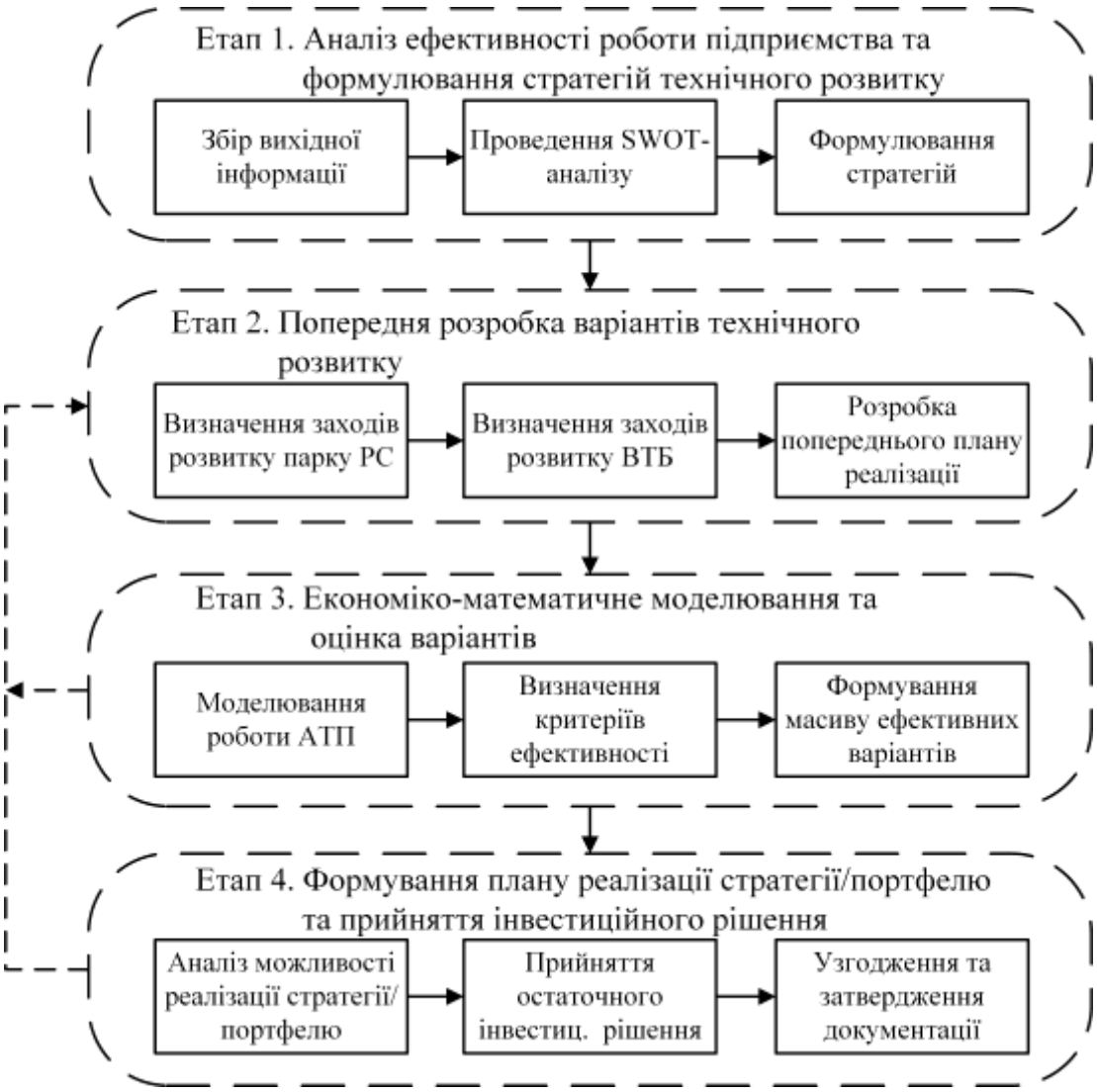


Рис. 2. **Алгоритм управління визначенням стратегій технічного розвитку виробництва**

Дана методика базується на даних про стан та функціонування підприємства та даних про ситуацію на ринку транспортних послуг, що виступають основою пошуку перспективних напрямків розвитку. Основу методики складає економіко-математичне моделювання, суть якого полягає у прогнозуванні діяльності підприємства при реалізації варіанту (портфелю) технічного розвитку, а результатом – обґрунтована стратегія, з цілями та завданнями, що стоять перед підприємством, та розроблений комплекс заходів по реалізації цієї стратегії.

Методика передбачає послідовне виконання чотирьох етапів, а саме:

– збір вихідної інформації, її аналіз та формулювання можливих стратегій технічного розвитку (Етап 1);

– формування варіантів технічного розвитку для стратегій, запропонованих на попередньому етапі (Етап 2);

– економіко-математичне моделювання роботи АТП за варіантами технічного розвитку та відбір тих, що відповідають критеріям ефективності (Етап 3);

– оцінку фінансової реалізованості варіантів, розробку плану реалізації стратегії/портфелю технічного розвитку та прийняття остаточного інвестиційного рішення (Етап 4).

Комплекс заходів з реалізації варіантів технічного розвитку, як зазначалось вище, складається з поєднання оновлення рухомого складу та розвитку ВТБ. Тому розглянемо особливості, які можуть виникнути при реалізації базових варіантів технічного розвитку, запропонованих вище.

Стратегії технічного розвитку, які передбачають просте поповнення парку мають сенс тоді, коли на підприємстві експлуатується досить сучасний рухомий склад, або принаймні такий, що найбільш повно відповідає вимогам до перевезень, і потужності наявного рухомого складу є недостатньою для задоволення існуючого попиту на ринку транспортних послуг. В такому випадку відмінностей існуючого рухомого складу і автомобілів що будуть придбані немає. Однак, при значному збільшенні кількості автомобілів, потужності існуючої ВТБ може бути недостатньо для забезпечення обслуговування рухомого складу. Тому може виникнути потреба в її модернізації, технічному переозброєнні, при яких відбувається заміна існуючого виробничого обладнання на більш сучасні і продуктивні зразки, або навіть реконструкція підприємства, обумовлена необхідністю прибудови нових дільниць або перебудови існуючих. При цьому останні дві стратегії цієї групи можуть бути недоцільними у зв'язку із необхідністю залучення значних додаткових коштів на розвиток ВТБ.

Стратегії технічного розвитку, які передбачають складне (розширене) поповнення парку передбачають придбання нових автомобілів, які раніше на цьому підприємстві не експлуатувалися. Придбання нових автомобілів обумовлене наявністю вільної частини ринку, яку підприємство намагається захопити. При цьому нові автомобілі можуть більш повно відповідати вимогам на перевезення, а отже будуть більш ефективними в порівнянні з наявними. В залежності від ступеня відмінності нових автомобілів від наявних та потужності існуючої ВТБ може виникнути потреба в модернізації, технічному переозброєнні, або реконструкції останньої.

Стратегії технічного розвитку, які передбачають тотожну заміну рухомого складу можуть бути впроваджені тоді, коли підприємство займає певну нішу на ринку транспортних послуг і веде активну конкурентну боротьбу. В цьому випадку застарілий рухомий склад, хоч і відповідає профілю перевезень, буде мало ефективним. Це вимагає придбання нових автомобілів, які конструктивно будуть не досить суттєво відрізнятися від наявних, однак ефективність їх буде значно вищою. Із придбанням нових автомобілів може виникнути потреба в модернізації або технічному переозброєнні ВТБ. Реконструкція за таких умов, хоч і може мати право на існування, однак її ефективність буде під сумнівом у зв'язку з необхідністю залучення досить великих коштів.

Стратегії технічного розвитку, які передбачають модернізацію парку рухомого складу використовуються при необхідності заміни старого та малоефективного рухомого складу на нові моделі, які більш повно відповідають вимогам перевезень. В цьому випадку новий рухомий склад може відрізнятися від наявного, і досить суттєво. В залежності від ступеня відмінності між новими і старими автомобілями можуть бути стратегії, реалізація яких передбачає як модернізацію ВТБ, так і її технічне переозброєння або реконструкцію. Зазвичай в цій групі стратегії, які пов'язані з модернізацією ВТБ будуть малоймовірними, оскільки передбачається придбання автомобілів, відмінних від наявних на підприємстві.

Стратегії, реалізація яких передбачає придбання нових автомобілів, які суттєво відрізняються від наявного парку, зазвичай потребують розвитку ВТБ, який пов'язаний із залученням значних коштів. Тому такі стратегії є більш капіталомісткими, а отже доцільність їх використання буде лише тоді, коли ефективність нових автомобілів досить суттєво перевищуватиме ефективність наявного парку чи автомобілів, що будуть придбатися за іншими стратегіями, які передбачають менші витрати на ВТБ.

Тому при розробці стратегій технічного розвитку, які базуються на придбанні нового рухомого складу, який досить сильно відрізняється від того, що експлуатується на підприємстві, навіть при значно вищій ефективності нових автомобілів може виникнути ситуація, коли остаточний ефект від реалізації стратегії не окупить початкові інвестиції. Таким чином найбільш ефективною стратегією технічного розвитку буде така, в результаті реалізації

якої чиста теперішня вартість майбутніх грошових потоків буде найбільшою (при чому її величина має бути більше нуля, бо інакше стратегія стає неефективною).

Остаточне інвестиційне рішення по схваленню або відхиленню стратегії/портфелю технічного розвитку приймається керівництвом підприємства на раді директорів або зборах акціонерів та затверджується стратегія/портфель технічного розвитку підприємства. Якщо по стратегії/портфелю приймається позитивне інвестиційне рішення, група експертів виконує узгодження та затвердження остаточної організаційно-технічної документації та виконує перехід до інвестиційної фази.

Крім економічного, реалізація стратегій технічного розвитку має і ряд інших ефектів, таких як покращення умов праці водіїв за рахунок застосування нових автомобілів, які оснащені системами що допомагають водію; покращення умов і підвищення продуктивності праці ремонтних робітників за рахунок оновлення ВТБ; збільшення ступеня задоволеності клієнтів від надання послуг за рахунок підвищення їх якості; збільшення авторитету підприємства на ринку транспортних послуг.

Висновки

На основі аналізу сучасного стан автомобільного транспорту України можна стверджувати, що технічний розвиток виробництва є одним з найдоцільніших напрямків підвищення ефективності комплексних АТП. Враховуючи специфіку технічного розвитку виробництва, його впровадження на АТП вимагає застосування стратегічного управління. Реалізація стратегій технічного розвитку зазвичай передбачає системне оновлення АТП, тобто оновлення рухомого складу та ВТБ в комплексі. Враховуючи це в роботі визначено типові стратегії технічного розвитку, засновані на одночасному оновленні рухомого складу і ВТБ, та проаналізовано їх особливості та доцільність реалізації.

1. Бідняк М. Н. Планування інвестицій на автомобільному транспорті України / М. Н. Бідняк, Н. М. Бондар. – К. Б. В., 2000. – 118 с.
2. Ансофф. И. Стратегический менеджмент : классическое издание / Игорь Ансофф ; [пер. с англ. О. Литун]. - Москва [и др.] : Питер, 2009. - 342, [1] с. : ил., табл. ; 21 см. ISBN 978-5-388-00077-4.
3. Управление проектами. Справочник для профессионоалов / [Мазур И. И., Шапиро В. Д. и др.] ; под ред. И. И. Мазура и В. Д. Шапиро. – М. : Высшая школа, –2001. – 875 с. : илл. – ISBN 5-06-003998-6.
4. Панов С. А. Развитие производства в автотранспортных объединениях/ С. А. Панов, А. М. Поляк, Ю. К. Поносов. – М. : Транспорт, 1986. – 200с.
5. Смирнов Є. В. Управління визначенням стратегій технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті / Є. В. Смирнов // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Луцьк, 2010. – Випуск 28. – с. 503-508.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014.

©Є.В.Смирнов

УДК 625.72

Н.В.Смірнова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПЛИВ ІНТЕРВАЛІВ ТА ДИСТАНЦІЙ МІЖ АВТОМОБІЛЯМИ У ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Виконано аналіз дистанцій та інтервалів між автомобілями. Виконано моделювання руху транспортних потоків та дослідження його пропускної здатності.Реалізовано уточнення моделі розподілу інтервалів для оцінки можливості виконання обгонів, що необхідно для моделювання транспортних потоків на ділянках доріг з різними дорожніми умовами на двохсмугових дорігах II - IV категорій. Приведені результати моделювання.

Ключові слова: *автомобільна дорога, дистанція, інтервал між автомобілями, пропускна здатність, транспортні диаграми.*

Рис 4. Табл 2. Форм 6. Літ 10

Н.В.Смирнова

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРВАЛОВ И ДИСТАНЦИЙ МЕЖДУ АВТОМОБИЛЯМИ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Выполнен анализ дистанций и интервалов между автомобилями. Выполнено моделирование движения транспортных потоков и исследование его пропускной способности. Реализовано уточнение модели распределения интервалов для оценки возможности выполнения обгонов, что необходимо при моделировании транспортных потоков на участках дорог с различными дорожными условиями на двухполосных дорогах II - IV категорий. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: *автомобильная дорога дистанция, интервал между автомобилями, пропускная способность, транспортные диаграммы***.**

N.Smirnova

DEPENDENCE OF HIGHWAY CAPACITY FROM INTERVALS AND DISTANCES BETWEEN VEHICLES IN A FLOW

The analysis of distances and intervals between cars was performed. Modeling of traffic flow and the research of its capacity was done. The number of intervals sufficient to perform a variety of overtaking maneuvers, integration into transit traffic at crossroads or at merge of the bands and so on, defines speed modes of individual vehicles and traffic in general, determines the capacity of individual road sections including ability to perform such maneuvers. The purpose of this article is to refine the model of intervals distribution to assess the possibility of the overtaking, that is necessary to simulate the traffic flow on the road sections with different road conditions on two-lane roads of II - IV categories. Normalization of minimal visibility of the road, to substantiate the minimal radius of vertical convex curves to justify design decisions when designing roads was performed. In practice these driving distances are considered as an optimal ones, following the criteria of efficiency and safety: large distance reduces the capacity of roads and causing drivers behind you, the desire to go to overtake, making it difficult to move, and less distance leads to the danger of collision with vehicles in their sudden stop. To solve these problems, one usually uses the laws of probability distribution of intervals between cars in the flow. Intervals distribution model refinement implemented to assess the possibility of the overtaking, which is necessary for the simulation of traffic flow on the road sections with different road conditions on two-lane roads of II - IV categories. The results of simulation were represented

Keywords: *road, distance, interval, capacity, traffic diagrams.*

Постановка проблеми

Актуальність досліджень з моделювання руху транспортних потоків на двохсмугових дорогах II, III, IV категорій, підтверджена аналізом їх протяжності: в існуючій дорожній мережі України протяжність двохсмугових доріг становить 148,1 тис. км або 89,3 %, а многополосних 2,6 тис. км або 1,6 %; односмугових доріг V категорії 15,1 тис. км або 9,1 %. Моделювання руху транспортних потоків та дослідження його пропускної здатності неможливо без аналізу дистанцій і інтервалів між автомобілями: дистанції характеризують взаємне положення автомобілів в просторі (вздовж дороги), інтервали - те ж, в часі. Дистанції вимірювати набагато складніше, ніж інтервали. Інтервали між автомобілями в потоці нерівномірні в часі і в просторі. Кількість інтервалів, достатніх для виконання різних маневрів обгону , вбудовування в транзитний потік на перехрестях або при злитті смуг і т.п., визначає швидкісні режими окремих автомобілів і транспортних потоків в цілому, визначає величину пропускної здатності окремих ділянок доріг з урахуванням можливостей виконання зазначених маневрів. У вирішенні цих задач використовуються закономірності розподілу ймовірностей інтервалів між автомобілями в потоці.

©Н.В.Смірнова

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У будь-якій точці дороги і в будь-який момент часу інтервали між автомобілями випадкові. Простіше було б моделювати рух потоку при постійних інтервалах. Саме такий традиційний підхід в існуючих публікаціях при розрахунках пропускної здатності при проектуванні доріг. При цьому вважають, що всі автомобілі потоку рухаються з постійною швидкістю і з постійними дистанціями і інтервалами [4,7].

Така «колонна» модель потоку абсолютно не відповідає структурі потоку при интенсивностях менше пропускної здатності. Реальний потік при таких интенсивностях неоднорідний за швидкостями і нерівномірний у часі і в просторі. Крім того, при постійних інтервалах лише в окремі рідкісні дні організованого руху колон однорідних автомобілів поліпшується регулярність потоку, однак повної синхронності руху автомобілів не відзначається.

Метою цієї статті є уточнення моделі розподілу інтервалів для оцінки можливості виконання обгонів, що необхідно для моделювання руху транспортних потоків на ділянках доріг з різними дорожніми умовами на ділянках двохсмугових доріг II - IV категорій.

Види дистанцій і інтервалів в потоці

Моделювання руху транспортних потоків та дослідження його пропускної здатності неможливо без аналізу дистанцій і інтервалів між автомобілями: дистанції характеризують взаємне положення автомобілів в просторі (вздовж дороги), інтервали - те ж, в часі. Дистанції вимірювати набагато складніше, ніж інтервали .

Для аналізу дистанцій необхідно на плані дороги миттєво зафіксувати потік автомобілів (наприклад, на аерознімку); для аналізу інтервалів досить фіксувати секундоміром моменти перетину автомобілями контрольного створу, перпендикулярного осі дороги на обраному ділянці. При інтенсивності потоку Q авт/год середній інтервал між автомобілями $t_{ср}$=3600/Q с. При відомій кількості автомобілів на ділянці 1 км - щільності потоку R (авт/км) середня дистанція $l_{ср}$ = 1000/R м.

Мінімально безпечні дистанції l_0 та інтервали t_0, рис. 1, формуються при щільному проходженні автомобілів один за одним.

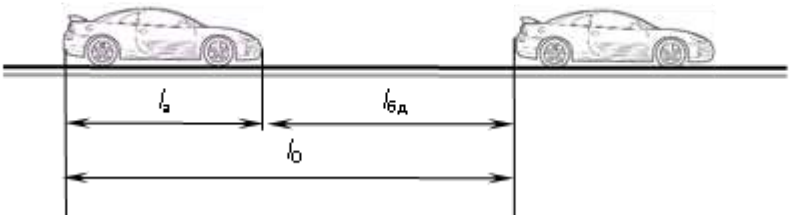


Рис.1. **Статичний l_a і динамічний l_0 габарити автомобіля.**

Мінімально безпечну дистанцію l_0 називають динамічним габаритом - це як би віртуальна довжина автомобіля при русі, що включає статичний габарит l_a і зазор безпеки - мінімально безпечну дистанцію $l_{бд}$.

Водій повинен дотримуватися $l_{бд}$ для забезпечення безпечного руху за що їхав, і може її зменшувати лише при маневрах зміни смуги для виконання обгону. Величина $l_{бд}$, головним чином, залежить від швидкості руху, часу реакції водія і зчіпних властивостей проїзної частини. Якщо в міру наближення до попереду йде автомобілю фактична дистанція до нього стає менше величини $l_{бд}$, обраної раніше водієм, то він змушений знижувати швидкість і тим самим коригувати $l_{бд}$ для забезпечення безпечного руху. Зі зменшенням швидкості величина $l_{бд}$ скорочується і досягає мінімальної дистанції запасу $L_{зап}$ в заторах. Тому максимальну щільність потоку можна визначити величиною R_{max} = 1000/(l_a + $L_{зап}$) авт/км. Згідно з рекомендаціями безпечного водіння відстань $L_{зап}$ до переднього автомобіля має бути не менше 1-1.5 м, а між автобусом або тролейбусом і вантажним автомобілем великої вантажопідйомності - не менше 3-4 м.

Режим руху потоку з дистанціями, рівними динамічному габариту l_0 - це режим пропускної здатності з інтенсивністю Q_{max}. Зрозуміло, що пропускної здатності відповідає щільність потоку R_m = 1000/ l_0. Так як величина l_0 залежить від швидкості, то Q_{max} і відповідна

їй щільність потоку R_m також залежать від швидкості потоку.

При щільності потоку R менше R_m (або відповідно при інтенсивності менше Q_{max}), рис 2, дистанції між автомобілями більше динамічних габаритів за рахунок вільних дистанцій $L_{св}$.

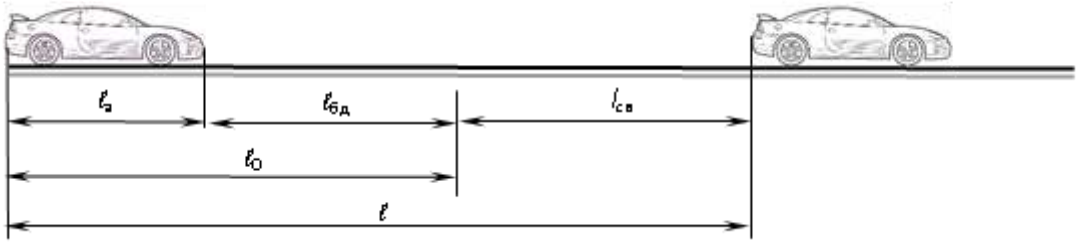


Рис. 2. **Дистанції при інтенсивності потоку менше пропускної здатності.**

У загальному випадку дистанція між автомобілями - це сума динамічного габариту l_0 і вільної дистанцій $L_{св}$. При відомих середніх значеннях l_0 і $L_{св}$ щільність потоку

$$R = 1000/(l_0 + l_{св}) \text{ авт/км або } r = 1/(l_0 + l_{св}) \text{ авт/м.} \quad (1)$$

Кожній дистанції в просторі відповідає інтервал в часі по відомій залежності (приймаючи постійної швидкість v проходження дистанції) $t = l / v$, з тими ж індексами: мінімально безпечний інтервал $t_{бд}$, динамічний габарит t_0, вільний інтервал $t_{св}$ і т.д. Надалі прийнято, що для будь-якого автомобіля в будь-якій точці дороги і в будь-який момент часу лише вільний інтервал $t_{св}$ є випадковою величиною; всі інші властиві автомобілю інтервали (і відповідні дистанції) функціонально залежать від швидкості та показників дорожніх умов.

Залежність мінімально безпечної дистанції від швидкості і дорожніх умов

Динамічний габарит l_0 найчастіше [1] оцінюють за відстанню S_0, яке проходить автомобіль до повної зупинки перед перешкодою:

$$S_0 = S_р + S_т + S_з, \quad (2)$$

де $S_р$ - шлях, пройдений за час реакції водія,

$S_т$ - шлях гальмування,

$S_з$ - запас.

Такі оцінки використовують для нормування мінімальної відстані видимості дороги, для обгрунтування мінімальних радіусів вертикальних опуклих кривих, для обгрунтування конструктивних рішень при проектуванні доріг і т.п. По суті, такий же підхід покладено в основу експертних розрахунків при розслідуванні ДТП [1, 6]:

$$S_0 = S_р + S_2 + S_3 + S_4, \quad (3)$$

де S_2 - шлях, пройдений за час запізнювання спрацьовування гальмівної системи,

S_3 - шлях, пройдений за час наростання уповільнення від нуля до максимального j_{max},

S_4 - шлях руху юзом з максимальним уповільненням j_{max}.

При проектуванні доріг гальмівний шлях розраховують з тієї умови, що кінетична енергія mv^2 на початку гальмування повністю витрачається на роботу $S_т\Sigma P$ сил опору руху на шляху гальмування, що дає $S_т=v^2/(2g(\varphi+i+f))$. При експертизі ДТП шлях юза S_4, як некерованого руху із заблокованими колесами, у формулі (3) розраховують з умови равноуповільненого руху до зупинки з уповільненням j_{max}, що дає $S_4=v^2/(2\ j_{max})$. Величину розрахункового максимального уповільнення j_{max} при ДТП оцінюють з рівності сили інерції $m\ j_{max}$ і сили зчеплення коліс з проїзною частиною φG (m і G - маса і вага автомобіля), що дає $j_{max} = \varphi\ g$.

Практикуємі оцінки динамічного габариту l_0 щодо остановочного шляху S_0 лише частково відповідають ситуацій руху автомобілів у потоці:

по-перше, а) залежності (2) і (3) засновані на повному використанні зчіпних властивостей

проїзної частини і максимальному уповільненні автомобіля (випадок екстреного гальмування), б) при русі в потоці при взаємодії з іншими автомобілями водій практично завжди використовує службове гальмування з частковим використанням зчіпних властивостей і уповільненням j в 2-5 разів менше максимально можливого j_{max},

по-друге, а) залежності (2) і (3) передбачають повну зупинку автомобіля, б) при русі в потоці повна зупинка передбачена тільки за межами транзитної смуги руху або в екстрених випадках ДТП, або при щільності потоку, близької до насиченої (затору).

по-третє, а) залежно (2) перешкода нерухома, б) при русі в потоці водій реагує на рухомий попереду автомобіль і на режим його руху, і, в першу чергу, на «стоп - сигнали», керовані попереду рухомим водієм; якщо передній автомобіль гальмує, то і наступний за ним - теж, тобто автомобілі гальмують спільно.

З урахуванням викладеного, для оцінки величини динамічного габариту l_0 досліджуємо масовий випадок, коли автомобіль наздогнав той автомобіль, що їде попереду, і, для безпечного руху, водій прийняв дистанцію $l_{бд}$ від бампера свого автомобіля до заднього бампера автомобіля, що їде попереду. Таким чином, при швидкості v (м/с) динамічний габарит

$$l_0 = l_a + l_{\text{бд}} = l_a + vt_{\text{бд}}. \tag{4}$$

Величину безпечної дистанції $l_{бд}$ (рівний $vt_{бд}$) водій приймає такою, щоб не пропустити момент гальмування автомобіля, що їде попереду, тобто, водій реагує на «стоп-сигнали» так, щоб не запізнитися з необхідним гальмуванням. Згідно такої загальноприйнятої практики водіння час руху по відрізку динамічного габариту - це мінімально безпечний інтервал t_0 в часі між автомобілями в потоці, тобто,

$$t_0 = l_a / v + t_{\text{бд}}. \tag{5}$$

Величину безпечного інтервалу $t_{бд}$ і безпечної дистанції $l_{бд}$ оцінимо також згідно відомим рекомендаціям з практики безпечного водіння і одночасного (з урахуванням реакції на «стоп-сигнали») гальмування з переднім автомобілем, наприклад, [3] . При сухому покритті (коефіцієнт зчеплення шини з дорожнім покриттям φ = 0,4-0,6) рекомендується «тримай дистанцію в метрах, рівну половині швидкості в кілометрах» [10] , тобто приймати $l_{бд} = v \cdot 3{,}6/2$ і тоді $t_{бд} = l_{БД}/v \approx 2$ с; при забрудненому і мокрому покритті (φ = 0,2-0,3) рекомендується «тримай дистанцію в метрах, рівну швидкості в кілометрах»), тобто $t_{бд} \approx 4$ с; при слизькому покритті, ожеледі (φ = 0,05-0,15) «тримай дистанцію, рівну подвоєною швидкості в кілометрах»), тобто $t_{бд} \approx 8$ с. Уявімо ці рекомендації у вигляді таблиці 1, в якій не заповнені осередки для не реальних швидкостей при брудному і мокрому покритті і ожеледі. Ці рекомендації відповідають гіперболічної залежності від коефіцієнта зчеплення φ інтервалу $t_{бд} = l_{бд}/v$ - часу руху з безпечної дистанції, тобто:

$$t_{\text{бд}} \approx 1/\varphi. \tag{6}$$

В останній колонці табл. 1, в дужках наведені значення коефіцієнта зчеплення, точно відповідні гіперболічної залежності (6).

Таблиця 1

Залежність безпечної дистанції від коефіцієнта зчеплення

Коэфіцієнт зчеплення	Безпечна дистанція, м в залежності від швидкості, км/год									Інтервал $t_{бд}$, с
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	Всі швидкості
0,4-0,6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1,8 (0,55)
0,2-0,3	20	40	60	80	100	120	140			3,6 (0,28)
0,05-0,15	40	80	120	160						7,2 (0,14)

У практиці водіння зазначені дистанції вважаються оптимальними за критеріями

ефективності та безпеки руху: а) більша дистанція знижує пропускну здатність доріг і викликає у водіїв, що рухаються ззаду, бажання піти на обгін, що ускладнює рух, б) при меншій дистанції з'являється небезпека наїзду на транспортні засоби при їх раптовій зупинці.

Звертається увага на загальновідомість і достовірність значення інтервалу $t_{бд}$ = 1,8 с для сухого покриття (перший рядок $t_{бд}$ в табл. 1). Саме ці умови, прийняті як оптимальні для однорідного потоку легкових автомобілів у всіх посібниках з розрахунками пропускної здатності і їм відповідає її максимальна величина 3600/1,8 = 2000 авт/ч. З погіршенням зчіпних властивостей пропускна здатність знижується назад пропорційно коефіцієнту φ і ступеня неоднорідності потоку.

Транспортні діаграми і пропускна здатність

Викладені особливості формування дистанцій і інтервалів в потоці прийняті як вихідні для побудови транспортних діаграм (залежностей інтенсивності потоку Q від його щільності R) та розрахунків пропускної здатності двосмугових доріг при різних зчіпних властивостях проїзної частини [3].

Вихідними даними прикладу моделювання стаціонарного режиму служать характеристики швидкості вільного руху, в табл. 2, в якій:

склад потоку: вантажні (за вантажопідйомністю: малої - Гм, середньої - Гс, великої - Гб,), автопоїзди: АП - автомобілі з причепами, АПП - автомобілі з напівпричепами, автобуси Ам - малі, Ас - середні, Аб - великі; легкові: Лм - малі, Лс - середні, Лб - великі);

мінімальна V_{min} і максимальна V_{max} швидкості вільного руху в групі;

середньоквадратичні відхилення швидкості вільного руху в групі, оцінені за правилом «три сигма», СКО = (V_{max} - V_{min})/6.

Транспортний поток істотно неоднорідний, моделювання виконувалося для типової дороги III категорії тому пропускна здатність смуги руху набагато менше максимального значення 2000 авт/год навіть при великих коефіцієнтах зчеплення.

Всі транспортні діаграми при коефіцієнті зчеплення від 0,1 до 0,7, наведені на рис. 2, показують істотне зниження пропускної здатності з погіршенням зчіпних властивостей проїзної частини дороги.

Таблиця 2

Вихідні дані щодо вільного руху

	Всі	Гм	Гс	Гб	АП	АПп	Ам	Ас	Аб	Лм	Лс	Лб
%	100	2	3	4	5	6	7	8	9	20	14	22
V_{min}	км/год	50,0	50,0	40,0	40,0	40,0	50,0	50,0	60,0	70,0	70,0	80,0
V_{max}	км/год	70,0	70,0	65,0	65,0	65,0	80,0	70,0	90,0	100,0	120,0	150,0
$V_{ср}$	км/год	60,0	60,0	52,5	52,5	52,5	65,0	60,0	75,0	85,0	95,0	115,0
СКО	км/год	3,3	3,3	4,2	4,2	4,2	5,0	3,3	5,0	5,0	8,3	11,7

©Н.В.Смірнова

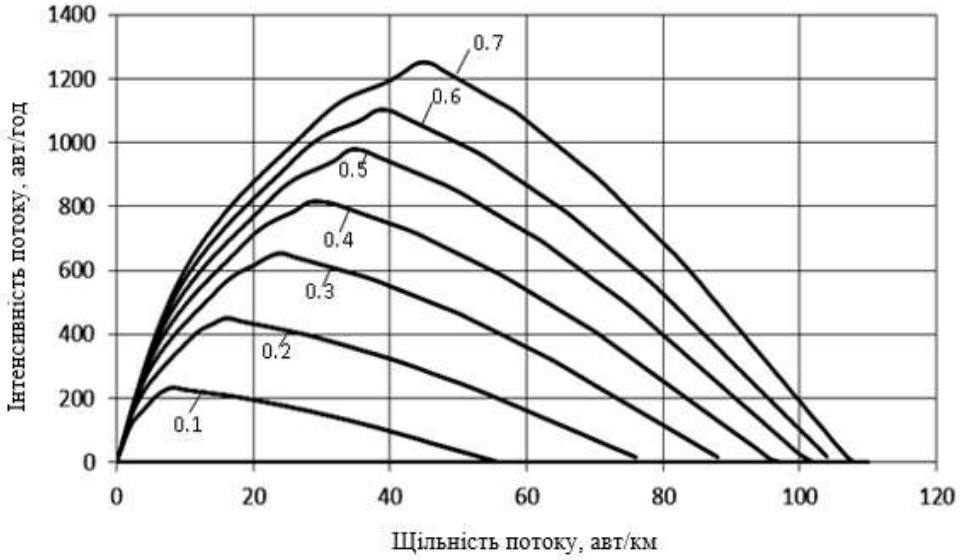


Рис.3. **Транспортні діаграми при стаціонарному режимі потоку. Цифри - коефіцієнти зчеплення.**

Побудовані за результатами моделювання в даному прикладі залежності середньої швидкості потоку від його інтенсивності, рис. 4, ілюструють суттєву зміну і цієї залежності, і пропускної здатності із зміною коефіцієнта зчеплення.

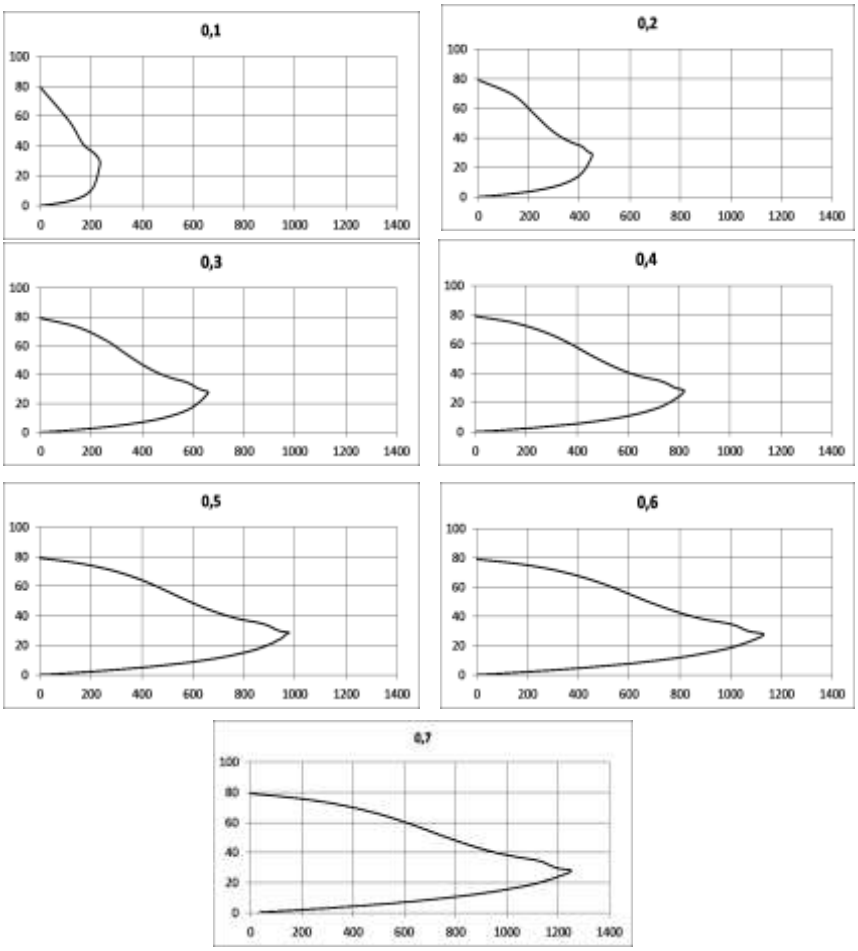


Рис.4. **Залежність швидкості (по вертикалі км/год) від інтенсивності потоку (по горизонталі авт/год) для коефіцієнтів зчеплення від 0,1 до 0,7.**

©Н.В.Смірнова

Висновки

Виконано аналіз дистанцій та інтервалів між автомобілями. Виконано моделювання руху транспортних потоків та дослідження його пропускної здатності.

Реалізовано уточнення моделі розподілу інтервалів для оцінки можливості виконання обгонів, що необхідно для моделювання руху транспортних потоків на ділянках доріг з різними дорожніми умовами на двохсмугових дорогах II - IV категорій.

Побудовано транспортні діаграми для різних коефіцієнтів зчеплення протягом життєвого циклу автомобільної дороги.

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
2. Безбородова Г.Б. Моделирование движения автомобиля. / Безбородова Г.Б., Галушко В.Г. – Киев: Высшая школа, 1978. - 168 с.
3. Бельский А.Е. Расчеты скоростей движения на автомобильных дорогах / Бельский А.Е. – М.: Транспорт, 1966. – 122 с.
4. Гук В.І. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці / Гук В.І., Шкодовський Ю.М. – Харків, Золоті сторінки, 2009, – 202 с.
5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Дрю Д. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
6. Илларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / Илларионов В.А. – Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
7. Пальчик А.М. Транспортні потоки. / Пальчик А.М. – К., НТУ, 2010 – с. 171.
8. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи і моделі організації дорожнього руху / Поліщук В.П., Дзюба О.П. – Навчальний посібник. – К.: НТУ, 2007. –158 с.
9. Филиппов В.В. Моделирование транспортных потоков на дорогах II – IV категорий: монография / Филиппов В.В., Смирнова Н.В. – М.: ХНАДУ, 2014. – 200 с.
10. Циганков Е.С. Золоті правила безпечного водіння / Циганков Е.С. – Вид-во « Ексмо».

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014

©Н.В.Смірнова

УДК 691.328.4

С.Й.Солодкий, Ю.В.Турба
Національний університет "Львівська політехніка"

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ БЕТОНІВ, АРМОВАНИХ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЮ ФІБРОЮ

Проведено експериментально-статистичне моделювання тріщиностійкості бетонів, армованих поліпропіленовою фіброю. Реалізований трирівневий трьохфакторний експеримент армування бетону поліпропіленовою фіброю. В якості факторів було обрано наступні технологічні чинник: витрату фібри, відношення довжини фібри до максимального розміру крупного заповнювача та коефіцієнт розсунення зерен крупного заповнювача.

Ключові слова*: експериментально-статистичне моделювання, дисперсно армований бетон, фібробетон, фібра, тріщиностійкість, механіка руйнувань.*

Табл 3. Літ 10

С.Й. Солодкий, Ю.В.Турба

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ БЕТОНА, АРМИРОВАННЫЙ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЮ ФИБРОЮ

Проведено экспериментально-статистическое моделирование трещиностойкости бетонов, армированных полипропиленовой фиброй . Реализован трехуровневый трехфакторный эксперимент армирования бетона полипропиленовой фиброй . В качестве факторов были выбраны следующие технологические параметры: расход фибры, отношение длины фибры до максимального размера крупного заполнителя и коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя.

Ключевые слова: *экспериментально-статистическое моделирование, дисперсно армированный бетон, фибробетон, фибра, трещиностойкость, механика разрушения.*

S. Solodkyy, Y.Turba

EXPERIMENTAL AND STATISTICAL MODELING CRACK RESISTANCE OF CONCRETE, REINFORCED WITH FIBER OF POLYPROPYLENE

One of the promising structural materials that can compensate for the major disadvantages of concrete - low strength in tension and fragility, is dispersed-reinforced concrete - fibre concretes. Fibre concretes has several times more strength in tension shear, impact strength, toughness and crack resistance, frost resistance, water resistance, resistance and fire resistance. For performance fiber-reinforced concrete damage may exceed 15-20 times the concrete. These concretes are one of the various types of wide class of composite (composite) materials, which are nowadays more and more widely used in various industries. Interest in fiber-reinforced concrete and fibre concentrated in its prospective application in these designs: road and airport paving, more resistant to dynamic loads and abrasion; floor industrial buildings; responsible subjected to cavitation of the water drains waterworks; facing elements of industrial and residential buildings, concrete pipes and poles of power lines, and other composite structures. The Department "Roads" National University "Lviv Polytechnic" were dispersed fracture studies reinforced concrete (reinforcement performed by different types of fiber) from the standpoint of linear fracture mechanics.

Keywords*: experimental and statistical modeling, dispersion reinforced concrete, fiber concrete, fiber, fracture toughness, fracture mechanics.*

Вступ. Сьогодення будівельної галузі характеризується стрімким зростанням застосування цементного бетону, який став основним матеріалом для різних видів капітального будівництва, в тому числі дорожнього. Проте, тріщиноутворення є істотною проблемою дорожніх одягів із застосуванням матеріалів на портландцементі, що стримує їх широке впровадження у дорожнє будівництво.

Одним із напрямків вирішення даної проблеми є дисперсне армування бетону сталевою, поліпропіленовою, скловолоконною та базальтовою фіброю. Одними із кращих макросинтетичних волокон для армування покриттів доріг та аеродромів, промислових підлог є поліпропіленова фібра, що є економічно-вигідною альтернативою сталевим волокнам.

Постановка проблеми. Більшість дослідників підтверджують позитивний вплив армування бетону фіброю різних видів на його показники міцності на розтяг при згині, динамічної міцності і тріщиностійкості. Проте, на сьогодні відсутні аналітичні залежності даних показників від технологічних чинників, у тому числі - витрати фібри.

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Турба

Методи і критерії механіки руйнування, в основу яких покладені в'язкість руйнування та енергія руйнування, дозволяють зробити кількісне та якісне оцінювання ефективності тих чи інших технологічних заходів. Експериментально-статистичне моделювання дає змогу комплексно оцінити і наочно представити результат дисперсного армування у взаємозв'язку з показниками макроструктури бетону.

Аналіз останніх досліджень. Більшість дослідників [3, 6-10] приділяють увазі при дисперсному армуванні бетонів його підвищеним характеристикам міцності порівняно з неармованим бетоном. Проте бетони високої міцності можуть мати низьку тріщиностійкість, що недостатньо досліджено на сьогоднішній день.

Невирішені частини проблеми. Введення фібрових волокон не є гарантом підвищення тріщиностійкості цементного бетону [5]. Ретельно підібрані технологічні чинники бетонної суміші суттєво підвищують показники тріщиностійкості, але для конкретного фібрового армування їх потрібно підбирати індивідуально.

Мета. Метою даної роботи є дослідження за критеріями механіки руйнування впливу технологічних чинників на ефективність дисперсного армування бетону шляхом використання апарату експериментально-статистичного моделювання.

Основні результати дослідження. Приготування і випробування бетонних зразків здійснювали відповідно до вимог [1, 2].

Для приготування бетонних сумішей використали матеріали:

- портландцемент ПЦ II/А-Ш-500 загально-будівельного призначення;
- заповнювачі: дрібний – кварцовий пісок з модулем крупності 1,29, щебеневий відсів фракції 1,25-2,5 мм; крупний – гранітний щебінь фракції 5-30,0 мм.

Використано жорстку хвилясту поліпропіленову фібру (табл. 1).

Таблиця 1.

Хімічні та фізичні властивості поліпропіленової фібри

Властивість	Значення	Фото
Довжина фібри	45 мм	
Форма перерізу	Прямокутна (1,0·0,5 мм)	
Тип/форма	Макро/мононитки	
Питома вага	0,91 г/см^3	
Температура плавлення	164 ºС	
Температура займання	>550 ºС	

Склад бетонної суміші проектували за методом абсолютних об'ємів, а склад заповнювачів - за принципом неперервної гранулометрії.

Характеристики міцності і тріщиностійкості бетонів визначали у віці 28 діб під час рівноважних механічних випробовуваннях призм з наперед створеною тріщиною нормального відриву за схемою триточкового згину із записом повної діаграми навантаження-прогин (F-V) на спеціальній установці [6] .

Як технологічні чинники впливу на ефективність дисперсного армування бетону прийнято витрату фібри, відношення довжини фібри до максимального розміру крупного заповнювача та коефіцієнт розсунення зерен крупного заповнювача. Відповідно до цього математичне планування експерименту представлено в табл. 2, а як план експерименту використано трифакторнийтрирівневий план, близький до Д-оптимального [4].

Таблиця 2.

Математичне планування експерименту

Параметри планування	Характеристика			
	нижній рівень "–1"	середній рівень "0"	верхній рівень "+1"	інтервал варіювання
Витрата фібри, кг/м^3 бетонної суміші	4,0	7,0	10,0	3,0
Відношення довжини фібри до максимального розміру крупного заповнювача, $l_ф/d_{max}$	1,5	2,25	3,0	0,75
Коефіцієнт розсунення зерен крупного заповнювача	1,1	1,4	1,7	0,3

Як критерії оптимізації обрали:

Y_1 – міцність на стиск, R_b, МПа;

Y_2 – міцність на розтяг при згині, R_{tb}, МПа;

Y_3 – питомі енерговитрати на статичне деформування до моменту початку руху магістральної тріщини, G_i, Дж/м^2;

Y_4 – енерговитрати на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини, W_l, 10^{-2} Н·м;

Y_5 – питомі ефективні енерговитрати на статичне руйнування, G_F, Дж/м^2;

Y_6 – статичний критичний коефіцієнт інтенсивності напружень (в'язкість руйнування),K_{1c}, МПа$^{-1/2}$.

Матриця планування і результати реалізації експерименту наведені в табл. 3

Таблиця 3.

Матриця планування і результати трифакторного трирівневого експерименту

Точки плану u		Матриця планування			Критерії оптимізації, Y_i					
		Витрата фібри	Відношення довжини фібри до максимального розміру крупного заповнювача	Коефіцієнт розсунення	R_b, МПа	R_{tb}, МПа	G_i, Дж/м^2	W_l, 10^{-2} Н·м	G_F, Дж/м^2	K_{1c}, МПа$^{-1/2}$
N_1	1	+1	+1	+1	52,8	9,47	150,95	347,78	699,90	0,76
	2	+1	+1	-1	36,5	7,93	170,44	265,07	600,03	0,59
	3	+1	-1	+1	57,9	10,93	225,48	380,17	804,86	0,90
	4	+1	-1	-1	57,8	10,95	178,17	469,78	890,15	1,01
	5	-1	+1	+1	49,7	9,47	176,18	236,29	542,78	0,74
	6	-1	+1	-1	38,7	10,04	174,42	326,12	656,88	0,90
	7	-1	-1	+1	46,2	8,96	162,03	305,71	618,43	0,79
	8	-1	-1	-1	52,9	10,80	179,10	370,73	746,51	0,92
N_α	9	+1	0	0	39,6	9,60	164,76	328,17	678,29	0,77
	10	-1	0	0	40,0	8,44	159,84	238,32	513,18	0,71
	11	+1	+1	+1	40,8	8,20	142,72	263,30	552,52	0,66
	12	0	-1	0	40,6	8,96	213,86	282,46	624,71	0,76
	13	0	0	+1	32,2	9,41	164,14	285,35	591,69	0,80
	14	0	0	-1	43,8	8,73	151,24	285,21	599,41	0,69
n_0	15	0	0	0	48,5	9,43	277,74	266,16	634,56	0,77
	16	0	0	0	51,1	9,94	280,89	282,05	653,22	0,88
	17	0	0	0	50,4	9,71	295,41	280,21	620,32	0,81

Для запобігання систематичним помилкам і для рівномірного розподілення або усунення некерованих впливів на весь експеримент (коливання вологості та температури повітря, незначні зміни зернового складу) випробування виконали не за порядком, вказаним у матриці, а у випадковій послідовності.

В результаті статистичної обробки експериментальних результатів отримані рівняння регресії 2-го порядку, які пов'язують критерії оптимізації з обраними технологічними чинниками впливу. Поверхні відгуків критеріїв оптимізації будуть представлені в подальших публікаціях.

Висновки. Реалізовано трифакторний план проведення експерименту, на основі якого отримано рівняння регресії, що пов'язують показники міцності і характеристики тріщиностійкості фібробетонів з обраними технологічними чинниками. Побудовано експериментально-статистичні моделі, які дозволяють проектувати склад дорожнього фібробетону за критерієм досягнення максимальної тріщиностійкості.

1. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К.: "Мінрегіонбуд України". - 2010.
2. ДСТУ Б В.2.7-227:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення характеристик тріщиностійкості (в'язкості руйнування) при статичному навантаженні. – К.:"Мінрегіонбуд України". - 2010.
3. Експертний висновок про можливість використання поліпропіленової фібри виробництва ТОВ "СПЕЦНАБ" у дорожньому будівництві. – К.: ДерждорНДІ. - 2007.
4. Солодкий С.Й., Пелешко І.Д., Русин Р.М., Юрченко В.В. Математичне моделювання та оптимізація будівельних композитів.Л.: Видавництво НУ "ЛП". - 2006. – с. 92.
5. Солодкий С.Й., Турба Ю.В. Тріщиностійкість бетонів з малим вмістом фібри. Вісник Національного університету "Львівська політехніка": "Теорія і практика будівництва". - №742 – 2012. – с. 197 – 202.
6. Солодкий С.Й. Тріщиностійкість бетонів на модифікованих цементах. Монографія. – Л.: Видавництво НУ "ЛП". - 2008. – с. 144.
7. Дорошенко О.Ю., Дорошенко Ю.М., Чиженко Н.П. Фібробетон – ефективний матеріал для транспортного будівництва. Автошляховик України. - №6. – 2006. – с. 29-32.
8. Талантова К.В., Михеев Н.М., Толстенев С.В., Хвоинский Л.А. Эксплуатационные характеристики сталефибробетонных конструкций для дорожного строительства.Бетон и железобетон в Украине. - №3. – 2002. – с. 6-8.
9. Заключение о результатах сравнительных испытаний образцов тяжелого бетона и фибробетона, где в качестве фибры использованы волокна армирующие полипропиленовые производства ООО "ДИиФ". – Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект. - 2004.
10. Брагов А.М, Карихалоо Б., Константинов А.Ю., Ламзин Д.А., Ламунов А.К. Иследование механических свойств фибробетона с помощью методики Кольского и ее модификаций.Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – №4. - 2011. – с. 123-129.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Турба

УДК 625.7/8

С.Й.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс
Національний університет «Львівська політехніка»

ПРИСКОРЮВАЧІ ШВИДКОСТІ НАБОРУ КОГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ ДЛЯ ЛИТИХ ЕМУЛЬСІЙНО-МІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Розроблено рецепти бітумних емульсій для технології литих емульсійно-мінеральних сумішей. Досліджено вплив спеціальних прискорювачів швидкості набору когезійної міцності для литих емульсійно-мінеральних сумішей та встановлено терміни формування структури тонкошарового покриття.

Ключові слова: *лита емульсійно-мінеральна суміш, когезійна міцність, окислений бітум, бітумна емульсія, спів-емульгатор*

Рис 1. Табл 6. Літ 17

С.Й.Солодкий, Ю.В.Сидун, О.Э.Воллис

УСКОРИТЕЛИ СКОРОСТИ НАБОРА КОГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ ЛИТЫХ ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Разработаны рецепты битумных эмульсий для технологии литых эмульсионно-минеральных смесей. Исследовано влияние специальных ускорителей скорости набора когезионной прочности для литых эмульсионно-минеральных смесей и установлены сроки формирования структуры тонкослойного покрытия.

Ключевые слова: литая *эмульсионно-минеральная смесь, когезионной прочность, низко кислотный битум, битумная эмульсия, со-эмульгатор.*

S.Solodkyy, IU.Sidun, O.Vollis

ACCELERATORS OF SPEED OF COHESIVE STRENGTH SET FOR SLURRY SEAL MIXES

According to international practice one of the most effective economical and industrial ways to prevent the premature destruction of road surface is to use a thin-layer protective covering based on Slurry Seal and Micro-surfacing mixtures (collective name Slurry Surfacing System). These coverings are designed to linger the usage of existing coverings by removing such surface defects as insufficient ruggedness, evenness and cohesion, the presence of potholes, cracks and ruts. In addition, these coverings meet the sanitary and environmental requirements (no dust, convenience of mechanical cleaning, removal of surface water) and increase the comfort and safety of traffic. Also the usage of thin-layer coverings of Slurry Surfacing mixtures has several advantages comparing with hot asphalt-concrete technology.

This technology is spreading all over Ukraine but the stages of designing of mixture structure is not studied well enough yet. One of the identified ways of usage of this technology is the use of bitumen emulsions on low-acid bitumen that do not provide the necessary speed of a cohesion strength set of enclosed cast-mixture, and thus intensive formation of coverings and movement openings in time. This problem is solved by new products Redicote 505 and Redicote 540 that are added to the water phase of the bitumen emulsion together with the emulsifier. They have been developed to alter the behavior of low acid bitumen to achieve sufficient increase speed of cohesive strength set.

Keywords*: slurry seal, cohesive strength, oxidized bitumen, bitumen emulsion, co-emulsifier*.

Вступ. Використання литих емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС) є ефективним шляхом збереження експлуатаційних характеристик нового дорожнього покриття та економічним способом відновлення зношеного покриття. ЛЕМС утворюють характерну поверхню із підвищеними водостійкими та зчіпними якостями і дають змогу періодично відновлювати поверхню покриттів, що втратили експлуатаційні властивості. Ремонт за даною технологію варто проводити кожних 3-5 років залежно від інтенсивності руйнувань існуючої поверхні.

Постановка проблеми. ЛЕМС є однозначно прогресивними, але існує проблема реалізації даної технології на вітчизняній сировинній основі, адже не всі кам'яні матеріали і тим більше бітуми є придатними для застосування в даній технології. Оптимальними бітумами для литих сумішей за критерієм швидкості набору когезійної міцності є високо кислотні дистиляційні бітуми отримані із важкої нафти, які забезпечують швидке формування структури укладених сумішей. Такі бітуми на українському ринку представлені тільки імпортними виробниками та є далеко не дешевими, що обмежує їх застосування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. ЛЕМС широко застосовується закордоном, особливо в США, де прийнята концепція збереження мережі автомобільних доріг шляхом підтримання експлуатаційних властивостей завдяки влаштування шарів зносу на основі цієї технології. За даними американських експертів дані тонкошарові покриття є водночас

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс

якісними та економічними [16,17]. В Україні та державах ближнього зарубіжжя дана технологія впроваджується швидкими темпами про що свідчать дослідження науковців [10-15].

Невирішені частини проблеми. Швидкість формування покриття з ЛЕМС на вітчизняних окислених бітумах є недостатньою відповідно до норм національних та світових стандартів [3-7,9], отже потрібно вести пошук технологічних рішень для розв'язку даної проблеми.

Мета дослідження. Розробити ефективні склади ЛЕМС шляхом використання спеціальних прискорювачів швидкості набору когезійної міцності та визначити етапи формування структури покриття і відповідно час відкриття руху транспортних засобів по ньому.

Основні результати дослідження. Бітумна емульсія разом із кам'яним матеріалом є найвагомішими сировинними складниками ЛЕМС, тому потрібно ретельно слідкувати за дотриманням всіх технологічних параметрів їх приготування і використання відповідно до чинних нормативних документів.

Для приготування бітумної емульсії було використано бітум нафтовий дорожній в'язкий окислений марки БНД 60/90 ПАТ "Транснаціональна фінансово-промислова нафтова компанія Укртатнафта» (Україна, Полтавська область, місто Кременчук), що відповідає вимогам ДСТУ 4044-2001[1]. Розроблено наступні рецепти бітумної емульсії (табл.1), що були використані в подальшому при приготуванні литих сумішей.

Таблиця 1.

Рецепти бітумних емульсій для ЛЕМС

Компоненти емульсій	№ рецепту, мас.%			
	1	2	3	4
Бітум БНД 60/90	62	62	62	62
Емульгатор Redicote E-11	1,1	1,1	1,1	1,1
Спів-емульгатор Redicote 505	–	0,25	–	–
Спів-емульгатор Redicote 540	–	–	0,25	–
Соляна кислота у водній фазі до рівня pH	2,5	2,5	2,5	2,5
Вода	до 100	до 100	до 100	до 100
Натуральний Латекс,Algoltex C	–	–	–	3

Оптимізація рецептів бітумних емульсій з огляду на розвиток процесу формування структури покриття з ЛЕМС відбувалась шляхом введення прискорювачів швидкості набору когезійнох міцності суміші, а саме рідких спів-емульгаторів Redicote 505 та Redicote 540 (рецепти № 2,3 табл.1) компанії Akzo Nobel (Швеція) та натурального латексу Algoltex C (рецепт № 4 табл.1) компанії Algol Chemicals (Фінляндія/Швеція).

Були проведені дослідження з визначення фізико-технічних показників емульсій (табл.2). Встановлено, що 1-3 рецепти бітумних емульсій відносяться до марки ЕК-П (катіонні немодифіковані повільнорозпадні), 4 рецепт до ЕКМ-П (катіонні модифіковані повільнорозпадні). Розроблені дорожні бітумні емульсії відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-129:2006 [2].

Таблиця 2.

Фізико-технічні показники емульсії

Назва показника	Норми та вимоги	Рецепти емульсій			
	ЕК-П, ЕКМ-П	1	2	3	4
1. Зовнішній вигляд	Однорідна темно-коричнева рідина	Відповідає			
2. Показник концентрації водневих іонів, pH	1,5-6,5	3,12	3,14	3,13	3,22
3. Однорідність (залишок на ситі № 014), %, не більше	0,5	0,06	0,04	0,04	0,3
4. Вміст бітуму з	50-70	61,08	61,18	61,2	61,35

емульгатором, %						
5. Умовна в'язкість, с, за температури 25 ºС на апараті з діаметром отвору витоку 4 мм, не більше:		20	10	9,2	9,4	7,2
6 Стійкість при зберіганні: залишок на ситі № 014, % , не більше: - після 7 д - після 14 д		 0,8 1,2	 0,12 0,19	 0,08 0,15	 0,08 0,15	 0,7 1,1
7. Зчеплюваність в'яжучого, виділеного з емульсії, з поверхнею щебеню, %, не менше		90	95	95	95	95
8. Змішуваність із сумішами зернових складів	пористого	Так	Так	Так	Так	Так
	щільного	Так	Так	Так	Так	Так

Для визначення придатності кам'яного матеріалу для ЛЕМС були проведені дослідження за критерієм адсорбції метилену синього згідно з ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002 [4] на чотирьох гранітних щебенях взятих із наступних кар'єрів: ТОВ «Вирівський кар'єр», Виноградівський кар'єр, Клесівський кар'єр нерудних копалин «Технобуд», кар'єр ВАТ «Полонський гірничий комбінат»(табл.3).

Таблиця 3.

Випробування кам'яних матеріалів за критерієм адсорбції метилену синього

Область	Назва кар'єру	Показник метилену синього, мл	Придатність
Рівненська	Вирівський	10	Придатний
Закарпатська	Виноградівський	15	Не придатний
Рівненська	Клесівський	9	Придатний
Хмельницька	Полонський	10	Придатний

Було визначено, що найнижчі значення за цим критерієм спостерігаються на Клесівському щебені – 9 мл. при нормі 5-10 мл., відповідно він є найоптимальнішим кам'яним матеріалом з досліджуваних для приготування ЛЕМС. Саме цей кам'яний матеріал фракції 0-4 мм і був використаний в подальших дослідженнях.

Підбір складу ЛЕМС для влаштування шарів зносу виконували з метою отримання шару, який має певний заданий період формування і необхідні якісні характеристики відповідно до [3,4,9].

Для проектування складу суміші використали розроблені чотири рецепти бітумних емульсій та Клесівський гранітний щебінь, а також портландцемент ПЦ II/А-Ш-400, воду питну, як регулюючу добавку (присадку) взято 10% розчин емульгатора Redicote E-11.

Внаслідок оптимізації складів за критерієм розпаду (час розпаду суміші не раніше 180 с) визначили оптимальні склади на чотирьох досліджуваних емульсіях (табл.4).

Таблиця 4.

Оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду

Склад №	Вміст компонентів ЛЕМС, г					Час розпаду,с
	Кам'яний матеріал	Цемент	Вода	Присадка	Бітумна емульсія	
На не модифікованій емульсії (ЕК-П)						
1.	100	0,5	10	1,0	14	190
На не модифікованій емульсії із спів-емульгатором Redicote 505						
2.	100	1,0	10	1,0	14	215
На не модифікованій емульсії із спів-емульгатором Redicote 540						
3.	100	1,5	10	0,5	14	185

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс

На модифікованій емульсії натуральний латексом Algoltex C						
4.	100	0,5	10	0,6	14	182

Швидкість набору когезійної міцності визначали в узгодженні з вимогами українського стандарту [4], нормативів Міжнародної асоціації будівельників шламових покриттів ISSA (International Slurry Surfacing Association) [9] та європейського стандарту [8] шляхом формування відповідних зразків суміші та випробування їх через певні періоди часу за допомогою модифікованого когезійного приладу. Випробуванні зразки з ЛЕМС класифікуються за характером руйнування і відповідним значенням крутного моменту на чотири типи згідно з нормами ISSA, в свою чергу за цими типами можливо визначити певний етап формування структури ЛЕМС та можливість відкриття руху транспортних засобів по влаштованому покриттю (табл.5). Дослідження проводились за температури повітря t=25°C та відносної вологості повітря φ=75%. Результати визначення швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС чотирьох оптимальних складів за критерієм розпаду суміші наведені в табл.6 та зображенні на рис.1.

Таблиця 5.

Визначення етапів формування когезійної міцності ЛЕМС

Характеристики міцності		Етапи формування ЛЕМС
Характер руйнування	Значення крутного момент, кг*см	
«N» – Normal	12-13	Схоплювання
«NS» – Normal Spin	20-21	Самоущільнення (відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год)
«S» – Spin	23	Ущільнення
«SS» – Solid Spin	26	Затвердіння (відкриття руху без обмежень швидкості)*
*Після даного етапу протікає етап остаточного набору когезійної міцності.		

Таблиця 6.

Швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС

Склад №	Час випробування, год.	Характер руйнування	Прикладений крутний момент,кг*см
1.	0,5	N	12
	1,0	N	13
	3,0	N	13
	5,0	NS	20
	6,0	S	23
	7,0	SS	26
2.	0,5	N	12
	1,0	NS	20
	2,0	S	23
	3,5	SS	26
3.	0,5	N	12
	1,0	NS	20
	2,0	S	23
	3,0	SS	27
4.	0,5	N	12
	1,0	N	13
	3,0	NS	20
	4,0	S	23
	5,0	SS	26

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс

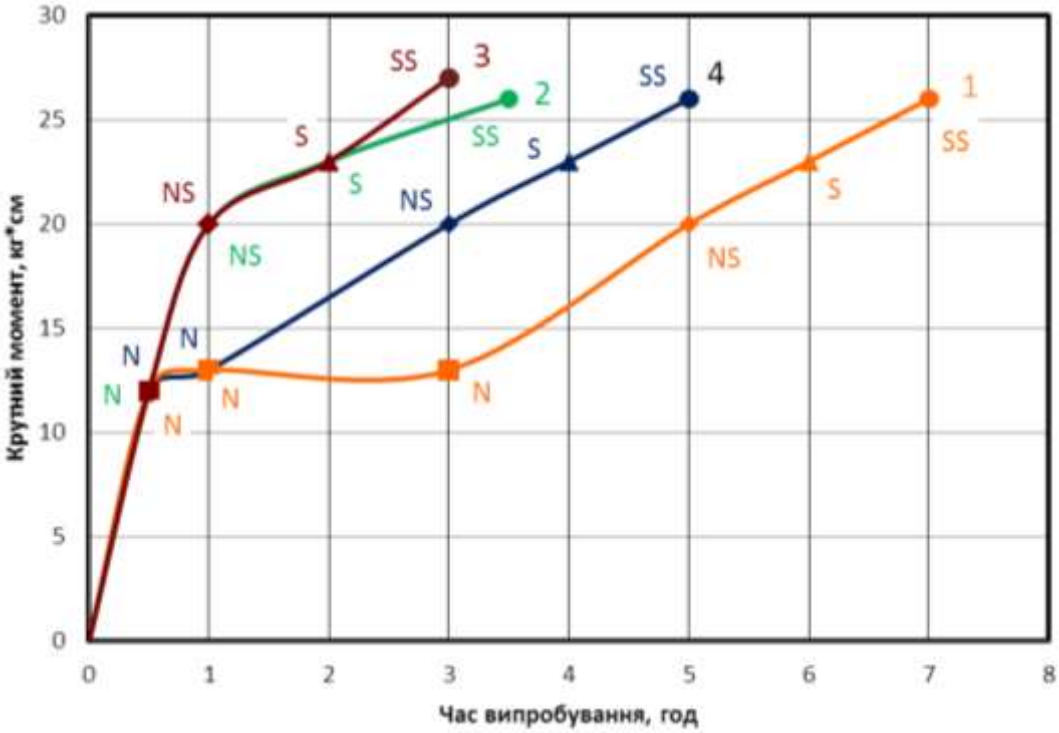


Рис.1 **Швидкість набору когезійної міцності 1-4 складів ЛЕМС**

Висновки.

1. Визначено, що найрезультативнішим прискорювачем швидкості набору когезійної міцності серед досліджуваних є Redicote 540. ЛЕМС (склад №3) на основі бітумної емульсії з цим спів-емульгатором показала найкращі результати за критерієм швидкості набору когезійної міцності: через 1 годину можливо відкривати рух транспортних засобів з обмеженням швидкості до 40 км/год, а через 3 години – без обмежень швидкості. Подібні результати показала ЛЕМС (склад №2) на бітумній емульсії з спів-емульгатором Redicote 505, але відкриття руху без обмежень можливе дещо пізніше (за 3,5 години). Ще одною перевагою Redicote 540 порівняно з Redicote 505 є його краща розчинність у водній фазі бітумної емульсії та значно вища температура спалаху.

2. Модифікація емульсії натуральний латексом Algoltex C для ЛЕМС (склад №4) обумовила значно гірші показники приросту когезії ніж інші прискорювачі. Лита суміш (склад №1) без спеціальних прискорювачів продемонструвала незадовільний результат.

3. Під час використання окислених бітумів для підвищення швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС рекомендуємо включати в рецепт бітумної емульсії спів-емульгатори Redicote 540 або Redicote 505 (компанії Akzo Nobel) в орієнтовній кількості 0,25 мас.%.

4. Вважаємо перспективним в подальшому проведення досліджень щодо модифікації окислених бітумів певними хімічними реагентами на українській сировинній основі з метою отримання таких бітумів, які б забезпечували належну швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС.

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. ВБН 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. СТО СОЮЗДОРСТРОЙ 2.1.3.3.3.2/4-2012 «Автомобильные дороги. Ремонт асфальтобетонных покрытий. Часть 2. Устройство защитных слоёв и слоёв износа. Раздел 4. Устройство защитного слоя с использованием литой эмульсионно-минеральной смеси методом «Сларри-Сил». Москва 2012.
6. СТБ 2036-2010«Смеси асфальтобетонные литые холодные для устройства защитных слоев. Технические условия».

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс

7. Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионно-минеральных смесей типа «Сларри Сил». - Изд. офиц. - Отрасл. дор. методика / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). - М., 2001. - 33 с.
8. EN 12274-4, Slurry surfacing - Test methods - Part 4: Determination of cohesion of the mix.
9. ISSA Technical Bulletin A105 (Revised) May 2003, Recommended Performance Guidelines for Emulsified Asphalt Slurry Seal, International Slurry Surfacing Association, Annapolis, MD.
10. Нагайчук В.М. Досвіду влаштування тонкошарових покриттів з емульсійно-мінеральних сумішей // Автошляховик України. - 2005. - № 4. - С. 47-48.
11. Островерхий О.Г. Вирівнююча здатність тонкошарового емульсійно-мінерального покриття // Автомоб. дороги і дор. буд-во.- 2001.- Вип. 63.- С. 52-54.
12. Скрыпник Т.В., Петрович В.В., Могильченко Д.Ю., Лисянец А.А. Усовершенствование технологических параметров устройства тонкослойного покрытия. 36. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», Київ: НТУ, 2004, № 71, с. 45-49.
13. Алферов В. И. Сларри Сил // Дороги России XX1.века - 2002г. - №4-с.66-67.
14. Попова Г. В. Устройство слоев износа по технологии «Сларри-Сил» сборник материаловVI всероссийской научно-технической конференции УГЛТУ// Попова Г В , Дмитриев В Н -Екатеринбург изд-во УГЛТУ, 2008 -С 328-331.
15. Разработка составов литых холодных асфальтобетонных смесей с улучшенными фракционными свойствами и увеличенной долговечностью за сет введения специальных волокнистых добавок и наполнителей: отчет о НИР (закл.) / РУП «БелдорНИИ». – 2004. - Арх. № 1027.
16. Slurry Seal / Micro-Surface Mix Design Procedure. Phase I Report /CALTRANS / March 2004.
17. Slurry Seal / Micro-Surface Mix Design Procedure. Phase II Report /CALTRANS / December 2010.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

©С.Й.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс

УДК 625.7:711+712

І.В.Ткаченко
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПОРІВНЯННЯ УКРАЇНСЬКИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ БЛАГОУСТРОЮ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Виконано порівняння українських та зарубіжних нормативних вимог щодо розміщення елементів благоустрою автомобільних доріг. Виявлено невідповідності в нормативних вимогах України та основні відмінності між нормативними вимогами України, Росії, Білорусі, Сполучених Штатів Америки.

Ключові слова*: автомобільні дороги, благоустрій, нормативні параметри, придорожні смуги, об'єкти сервісу.*

Рис. 3. Літ. 16.

И.В.Ткаченко
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

СРАВНЕНИЕ УКРАИНСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Выполнено сравнение украинских и зарубежных нормативных требований относительно размещения элементов благоустройства автомобильных дорог. Выявлены несоответствия в нормативных требованиях Украины и основные различия между нормативными требованиями Украины, России, Беларуси, Соединенных Штатов Америки.

Ключевые слова: *автомобильные дороги, благоустройство, нормативные параметры, придорожные полосы, объекты сервиса.*

I.V. Tkachenko

COMPARISON OF UKRAINIAN AND FOREIGN REGULATORY REQUIREMENTS REGARDING THE PLACEMENT OF ELEMENTS OF IMPROVEMENT OF HIGHWAYS

Today the part of road protection of Ukraine overly saturated separate elements of improvement, and some are not sufficiently provided. Also not always taken into account the relative position of elements of different groups. This can lead to traffic accidents and affects the aesthetic perception of the road as a whole. In this work identified gaps in the regulatory requirements of Ukraine regarding the parameters of the placement of improvement elements of highways and main differences between the regulatory requirements of Ukraine, Russia, Belarus, United States of America. Summarizing the results of processing regulations of Ukraine and foreign countries, highlighted the main ones: in the Ukrainian normative documents normalized not all options of placing of elements of improvement, and some of them in various normative acts contradict each other; green areas, recreation area, pavilions of stops, the light are in Russia, Belarus and USA must be placed further away from the carriageway than in Ukraine; the distance between the objects of service in Russia and the USA are ranked higher than in Ukraine; the distance between junctions in the United States and Belarus ranked lower than in Ukraine; road signs in the US should be placed further from the roadway than in Ukraine, Belarus and Russia, where the placement options characters the same; in Ukraine when designing roads is given only band to accommodate structural elements of the road, and the territory for construction of objects of an accomplishment is not expected, unlike Russia and Belarus, where the size of the right-of-way include objects of service; also in Belarus there are roadside and reserve areas.

Keywords: *roads, beautification, standard parameters, road lines, objects of service.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. На сьогоднішній день частина дорожнього середовища України надмірно насичена окремими елементами благоустрою, розміщення яких архітектурно невпорядковане. В результаті цього виникає інформаційне перевантаження та психологічне напруження водія. При цьому інша частина недостатньо забезпечена елементами благоустрою, що спричиняє сенсорний голод суб’єктів руху, сприймаюча система яких стає нечутливою. Також не завжди враховується взаємне розташування елементів благоустрою різних груп [11]. В результаті зустрічаються випадки, коли один об’єкт заважає сприйняттю іншого. Перераховані недоліки розміщення елементів благоустрою можуть призвести до дорожньо-транспортної події та впливають на естетичне сприйняття дороги в цілому.

©І.В.Ткаченко

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Проблемою благоустрою автомобільних доріг займались наступні відомі вчені: А.С. Сардаров, В.Ф. Бабков, Є.М. Лобанов, Н.П. Орнатський, П.Я. Дзеніс С.А. Трескинський та інші. Ними розглядається архітектурний-ландшафтний підхід до упорядкування елементів благоустрою вздовж автодоріг, порушується питання безпеки та комфорту руху, пропонуються способи та методи проектування благоустрою, досліджується сучасний стан та наводяться приклади вирішення проблеми в зарубіжних країнах.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. З часом підхід до благоустрою автомобільних доріг в Україні та закордоном змінюється, а виконані порівняння вітчизняного та зарубіжного досвіду дещо застаріли та не достатньо уваги приділено порівнянню нормативних вимог до благоустрою різних країн.

Формулювання мети дослідження. Метою даної роботи є порівняння сучасних українських та зарубіжних нормативних вимог щодо розміщення елементів благоустрою автомобільних доріг для виявлення можливої потреби удосконалення нормативної бази України.

Основні результати дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Вивчаючи нормативні документи України, що встановлюють вимоги до розміщення елементів благоустрою автомобільних доріг і вулиць, виокремлено нормовані параметри розміщення елементів благоустрою відносно дороги (видимість, періодичність розташування, місця заборони розташування, відстань від краю проїзної частини, висота від верху покриття проїзної частини). Виявлено, що не всі параметри розміщення об'єктів сервісу, споруд автотранспортної служби, об'єктів монументальної архітектури, озеленення й інших елементів визначені, а деякі з них в різних нормативних документах суперечать один одному. Так, відстань від крайки проїзної частини до смуг озеленення за ДБН [7] – 15–50 м; за ДСТУ [8] – для І категорії – 14 м; ІІ категорії – 11,25 м; ІІІ категорії – 9,5 м; IV категорії – 8,25 м.

Для *порівняння нормативних параметрів розміщення елементів благоустрою України та Росії* опрацьовано «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги» [13] та «ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения» [6]. Виявлено, що періодичність розташування дорожніх розв'язок, відстань між ланками дорожньої служби, автобусними зупинками, параметри розміщення дорожніх знаків у Росії та Україні однакові. Мінімальна відстань від краю проїзної частини до павільйонів зупинок в Росії на 1 м більша, ніж в Україні, та становить 3 м. Відстань між майданчиками відпочинку в Україні та Росії вздовж доріг першої та другої категорії однакова, а вздовж доріг третьої категорії в Росії може бути на 5 км, більше ніж в Україні, та складає 25–35 км; четвертої категорії – на 15 км більше, складає 45–55 км. Автозаправні станції та станції технічного обслуговування в Росії також можуть розміщуватися далі одна від одної, ніж в Україні. Так, для доріг І категорії в Росії періодичність розміщення АЗС – 20–40 км, а в Україні – 15–20 км; ІІ категорії – 50–60 км, в Україні – 35–40 км; ІІІ категорії – 40–50, в Україні – 50–60 км; IV категорії – 30–40 км, в Україні – 60–80 км. Параметри розміщення станцій технічного обслуговування в Росії, на відміну від України, не розподіляються за категоріями та становлять проміжок від 80 до 250 км. В Україні відстані між СТО рекомендується приймати в залежності від категорії дороги: Іа, Іб – 50–60 км; ІІ, ІІІ – 70–90 км.

В Росії визначена лише максимальна відстань уздовж доріг між розміщенням будинків для відпочинку водіїв (мотелі, кемпінги), що становить 500 км. Тоді як в Україні існують чітко визначені відстані в залежності від категорій, найбільша з яких для доріг ІІІ категорії – 60 км ± 25%.

Смуги озеленення в Росії повинні розміщуватися приблизно на 10 м далі від дороги, ніж в Україні. Так, відстань від крайки дороги до смуги озеленення в Росії повинна становити для доріг І, ІІ та ІІІ категорії – 20–50 м; IV, V категорії – 15–25 м. В Україні даний параметр за ДБН [7] не залежить від категорії і становить 15–50 м; за ДСТУ [8] відрізняється відповідно до категорії дороги: І – 14 м; ІІ – 11,25 м; ІІІ – 9,5 м; IV – 8,25 м.

Для гарантування безпеки руху встановлення реклами на автомобільних дорогах Росії не допускається [13, п.2.3]. В Україні дозволено розміщення рекламоносіїв та визначено параметри їх розміщення.

Для *порівняння нормативних параметрів розміщення елементів благоустрою в Україні та Білорусі* опрацьовано «ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) Автомобильные дороги» [15] та «СТБ 1300-2007 Технические средства организации дорожного движения» [14]. Виявлено, що висотний габарит (відстань від поверхні проїзду до верхньої лінії окреслення габариту) в Білорусі на 0,5 м менший, ніж в Україні, і дорівнює 5 м. Відстань між дорожніми розв'язками в Білорусі повинна бути не менше 1 км для доріг І-в та ІІ категорії та 0,5 км для доріг ІІІ і IV категорії, тоді як в Україні рекомендується 10 км для дороги І-а категорії, 5 км для доріг І-б та ІІ категорії, 2 км – для доріг ІІІ категорії. Як і в Росії, в Білорусі мінімальна відстань від краю проїзної частини до павільйонів зупинок на 1 м більша, ніж в Україні, та становить 3 м.

Майданчики відпочинку в Білорусі повинні розміщуватись на 7,3 м далі від проїзної частини, ніж в Україні, зокрема, вздовж доріг І-а, І-б, І-в та ІІ категорії – мінімум 10 м; ІІІ категорії – мінімум 4 м. Відстань між майданчиками для короткочасного відпочинку в Білорусі також відрізняється від української, і рекомендується приймати для доріг І-а категорії $\leq$ 10 км (Україна – 15–20 км); Іб, Ів, ІІ категорії $\leq$ 15 км (Україна – 15–20 км); ІІІ категорії $\leq$ 30 км (Україна – 25–30 км). Відстань між майданчиками для довготривалого відпочинку в Білорусі рекомендується приймати для доріг І-а категорії $\leq$ 30 км (Україна – мотель придорожній – 40 км); І-б, І-в, ІІ категорії $\leq$ 40 км (Україна – мотель придорожній – 40–60 км); ІІІ категорії $\leq$ 50 км (Україна – мотель придорожній – 60 км).

Ліхтарі освітлення в Білорусі повинні розміщуватися далі на 2,5 м від крайки проїзної частини, ніж в Україні, на відстані більше 4 м [15].

Параметри розміщення дорожніх знаків в Білорусі такі ж, як і в Україні.

Порівнюючи нормативні вимоги України, Росії та Білорусі, виявлено, що розмір *смуги відведення* автомобільної дороги в Росії та Білорусі, крім конструктивних елементів дороги, передбачає розміщення об'єктів сервісу, тоді як в Україні об'єкти дорожнього сервісу розташовуються за межами смуги відведення. Також в Росії та Білорусі при будівництві автомобільних доріг передбачаються *придорожні смуги*, де розміщення будь-яких об'єктів контролюється власником дороги. Придорожні смуги призначаються для забезпечення вимог безпеки дорожнього руху, нормальних умов реконструкції, капітального ремонту, ремонту й утримання автомобільної дороги з урахуванням перспектив розвитку. Ширина придорожніх смуг в Росії відраховується від межі смуги відведення [12, п.2] і дорівнює: 75 м – для автодоріг І та ІІ категорії; 50 м – для доріг ІІІ і IV категорії; 25 м – для доріг V категорії; 150 м – для об'їзних доріг навколо міст з чисельністю населення більше 250 тис. осіб; 100 м – для під'їзних доріг, що сполучають адміністративні центри (столиці) суб'єктів Росії, міста Москву та Санкт-Петербург з іншими населеними пунктами, а також для ділянок автодоріг загального користування федерального значення, побудованих для об'їздів міст з чисельністю населення до 250 тис. осіб [16, ст.26]. Ширина придорожніх смуг в Білорусі – до 100 метрів в обидві сторони від осі автомобільної дороги, у населених пунктах – земельні ділянки до межі існуючої забудови [9, ст. 24]. В Україні придорожні смуги не передбачаються [10]. В Білорусі до території власника дороги відноситься ще й *резервна зона* – земельна ділянка, зарезервована для перспективного будівництва чи реконструкції автомобільної дороги [9, ст. 1].

Для *порівняння нормативних параметрів розміщення елементів благоустрою в Україні та США* опрацьовані такі нормативні документи: Політика геометричного проектування автомобільних доріг і вулиць [1]; Посібник із ландшафтного та просторового проектування доріг [2]; Гнучкість в проектуванні доріг [3]; Інструкція з уніфікованого регулювання дорожнього руху для доріг і вулиць [5]; Інструкція з проектування освітлення автомобільних доріг [4].

Порівнюючи нормативні параметри розміщення елементів благоустрою в США й Україні, виявлено, що розв'язки в США повинні будуватися, частіше ніж в Україні, зокрема, відстань між ними вздовж автомагістралей «freeway» повинна бути 3 км, тоді як в Україні вздовж доріг І-а категорії – 10 км. Зупинки в США рекомендується розміщувати на пересіченнях доріг (рис. 1), а в Україні їх потрібно віддалити від перехресть доріг (від кінця

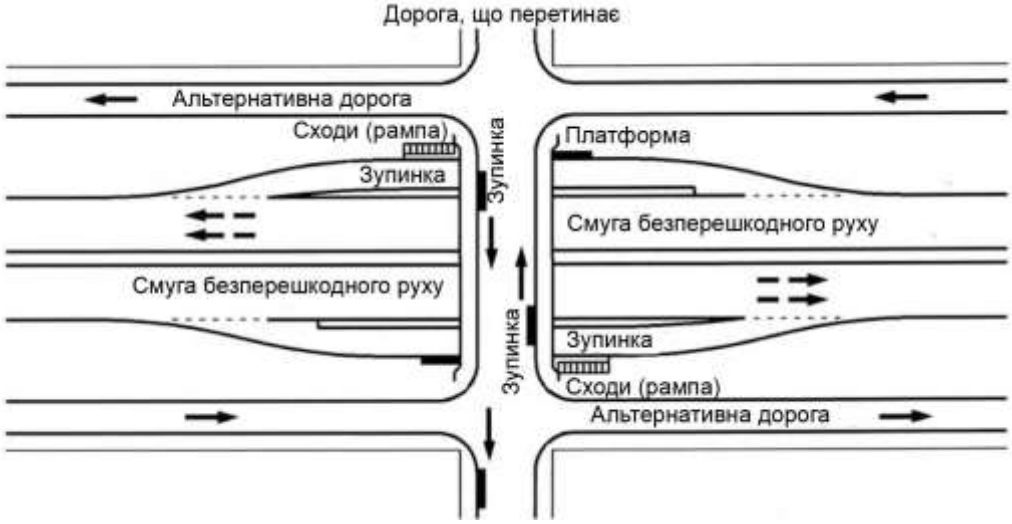
заокруглення до початку зупинкового майданчика) на відстань більше ніж 50 м. А максимальна відстань між зупинками в США встановлена більше на 0,5 км, ніж в Україні.

Майданчики для відпочинку вздовж автомагістралей «freeway» в США повинні розміщуватися рідше, ніж в Україні. Зокрема, стоянки для автомобілів у США – через 30 км, а майданчики відпочинку в Україні на дорогах I–II категорії – через 15–20 км; невеликий пункт відпочинку в США – через 50 км, а мотель придорожній в Україні на дорогах I категорії – через 40 км; великий пункт відпочинку в США – через 100 км (або через 1 годину руху), а туристська база в Україні на дорогах I категорії – через 35 км. Відстань від краю проїзної частини до пункту відпочинку в США, за вимогами нормативних документів, повинна бути 3 м, що на 30 см більше, ніж в Україні. Приклади розташування пунктів відпочинку в США наведені на рис. 2.

Параметри розміщення дорожніх знаків у США також відрізняються від українських. Зокрема, відстань від крайки проїзної частини до краю дорожнього знаку в США вздовж автомобільної дороги повинна бути ≥ 3,6 м (при наявності узбіччя шириною більше 1,8 м – від крайки узбіччя ≥ 1,8 м); а вздовж вулиці – ≥ 0,6 м (рис.3а, 3в). В Україні цей параметр може змінюватись від 0,5 м до 2,0 м; для інформаційно-вказівних знаків – 0,5–5м. Висота дорожніх знаків, що розташовуються вздовж автодоріг, в США і Україні однакова, а вздовж вулиць в Україні може бути на 10 см менше. Якщо дорожні знаки розміщуються на розділювальній смузі (рис. 3б) в США, то вони повинні бути на 60 см вище, ніж на острівку безпеки в Україні, де висота розміщення дорівнює 0,6 м. При розташуванні дорожніх знаків над проїзною частиною в США їх висота на 20 см більша (рис. 3г), ніж в Україні, де мінімальна відстань до низу конструкції – 5 м.

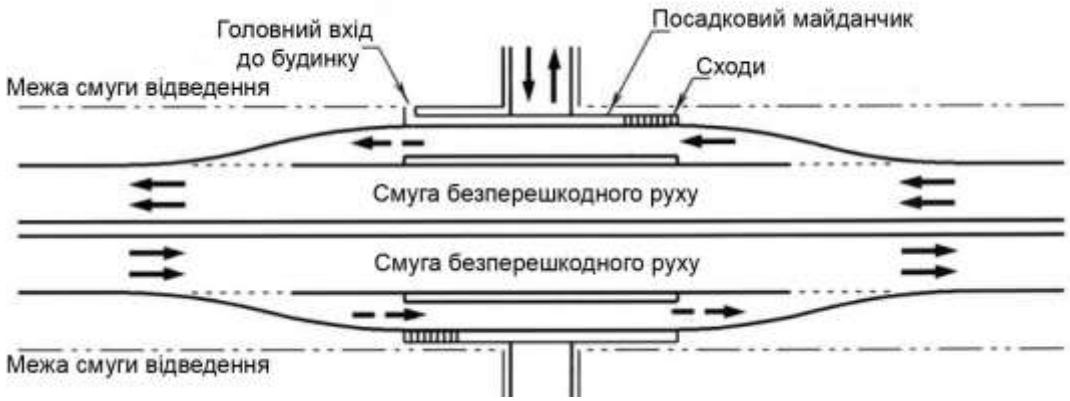
Лінії електропередач, телефонні та телеграфні лінії в США рекомендовано прокладати під землею, а в Україні – за смугою відведення дороги з мінімальною відстанню при обмеженій території для доріг I–II категорії при напрузі до 220 кВ – 5 м, а при напрузі 330–500 кВ – 10 м.

Розташування озеленення міських вулиць в США й Україні також має деякі відмінності. Так, відстань від осі стовбура дерева до краю житлової вулиці в США – 3 м, в Україні на 1 м більше; відстань від дерева до тротуару в США – 0,9 м, в Україні на 20 см менше.



а.

б.

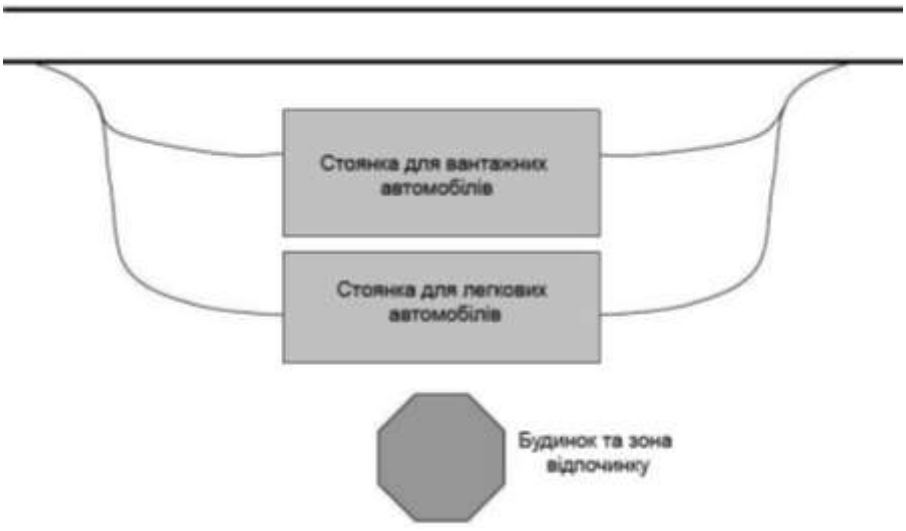


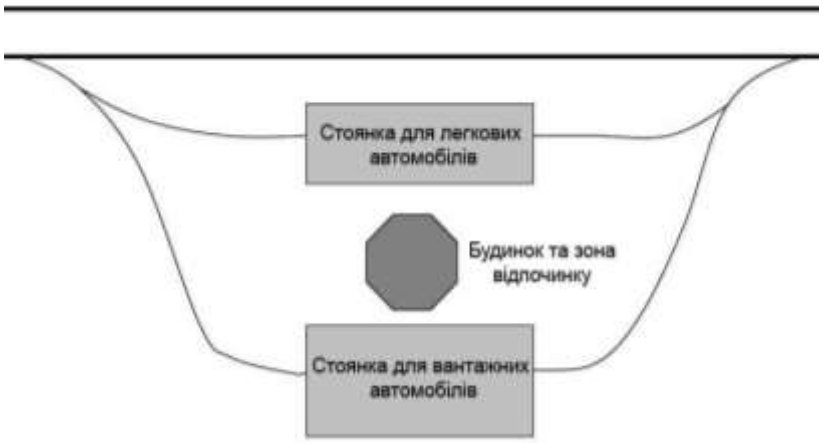
в.



Рис. 1. **Приклади розміщення автобусних зупинок в США: а - зупинки біля надземного пересічення доріг; б - зупинки біля підземного пересічення доріг; в - зупинки без пересічень доріг з надземним пішохідним переходом**

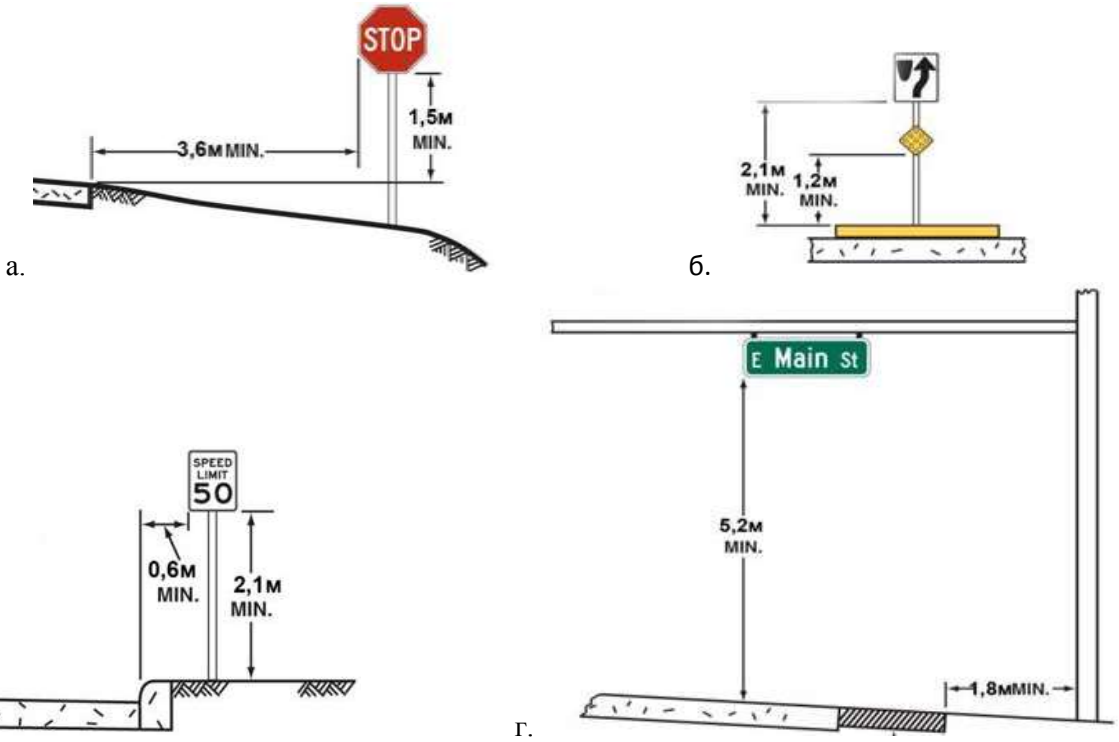
а.





б.

Рис. 2. **Приклади розташування зони відпочинку в США: а - за стоянками для вантажних та легкових авто; б - між стоянками для вантажних та легкових автомобілів**



а. б. в. г.

Рис. 3. **Нормативні вимоги США щодо розташування дорожніх знаків: а - за межами населених пунктів; б - на розділювальній смузі; в - в населеному пункті; г - надземний знак**

В США відстань від краю проїзної частини до ліхтаря визначається в залежності від розрахункової швидкості руху: 60 км/год – 2 м; 70 км/год – 2,5 м; 80 км/год – 3,0 м; 90 км/год – 3,5 м; 100 км/год – 4,0 м; 110 км/год – 4,5 м; 120 км/год – 5,0 м; 130 км/год – 5,5 м. А в Україні – стале значення, для вулиці та дороги місцевого значення – 0,75 м; для магістральних вулиць і доріг: регульованого руху – 1,0 м; безперервного руху – 1,5 м.

Висновки з даного дослідження, у тому числі з науковою новизною, й перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Узагальнюючи результати опрацювання нормативних вимог України та закордонних держав, виділимо основні з них:

- в українських нормативних документах нормовані не всі параметри розміщення елементів благоустрою, а деякі з них в різних нормативних актах суперечать один одному;

- смуги озеленення, майданчики відпочинку, павільйони зупинок, ліхтарі освітлення в Росії, Білорусі та США повинні розміщуватись далі від проїзної частини дороги, ніж в Україні;

- відстань між об'єктами сервісу в Росії і США нормується більша, ніж в Україні;
- відстань між розв'язками в США та Білорусі нормується менша, ніж в Україні;
- дорожні знаки в США повинні розміщуватися далі від проїзної частини, ніж в Україні, Білорусі та Росії, де параметри розміщення знаків однакові;
- в Україні при проектуванні автомобільної дороги відводиться лише смуга для розміщення конструктивних елементів дороги, а територія для будівництва об'єктів благоустрою не передбачається, на відміну від Росії та Білорусі, де в розмір смуги відведення включаються об'єкти сервісу; також в Білорусі існують *придорожні смуги* та *резервні зони*.

Проведений аналіз дозволяє виявити шляхи удосконалення нормативної бази України.

1. AASHTO. A Policy on the Geometric Design of Highways and Streets. –Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004. – 896 p.
2. AASHTO. A Guide for Transportation Landscape and Environmental Design. – Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1991. – 184 p.
3. FHWA. Flexibility in Highway Design. – Washington, D.C.: Federal Highway Administration, 1997. – 193 p
4. Roadway lighting design guide, 6th edition. – Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2005. – 70 p.
5. The Manual on Uniform Traffic Control Devices for Highways and Streets. – U.S. Department of transportation: Federal Highway Administration, 2009. – 820 p.
6. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – М.: Стандартинформ, 2005. – 101с.
7. ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
8. ДСТУ 3587-97 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. – К.: Держстандарт України, 1997. – 24 с.
9. Закон Республики Беларусь "Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности" от 2 декабря 1994 г. № 3434-XII: с изм. по состоянию на октябрь 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pravoby.info/docum09/part33/akt33993.htm
10. Закон України "Про автомобільні дороги" від 08.09.2005 № 2862-IV-ВР: із змін. станом на 01.01.2008 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon1.rada.gov.ua.
11. Литвиненко Т.П. Целесообразность включения велосипедной инфраструктуры в улично-дорожную сеть населенного пункта / Т.П. Литвиненко, Л.В. Смилянец // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Модернизация, эксплуатация, строительство и реконструкция автомобильных дорог, мостов, тоннелей, аэродромов, трубопроводов, а также зданий и сооружений дорожной инфраструктуры: материалы международной научно-практической конференции. Том 2. – Пермь: ПНИПУ, 2013. – С. 254–261.
12. Постановление Правительства РФ от 1 декабря 1998 г. № 1420. Об утверждении Привил установления и использования придорожных полос федеральных автомобильных дорог общего пользования (с изменениями от 2 февраля 2000г., 29 мая 2006 г.).
13. СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги: актуализирован 17.06.2011 г. – М.: Госстрой России ФГУП ЦПП, 2004. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://снип.рф/snip/full/93.
14. СТБ 1300-2007 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения. – Минск: Госстандарт, 2007. – 118 с.
15. ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) Автомобильные дороги. Нормы проектирования. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 43 с.
16. Федеральный закон Российской Федерации от 08.11.2007 n 257-фз (ред. от 03.12.2012 с изменениями, вступившими в силу с 01.01.2013) "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в российской федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zakonprost.ru/zakony/257-fz-ot-2012-12-03-ob-avtomobilnyh/

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014

©І.В.Ткаченко

УДК 656.022

С.І.Томляк, А.П.Поляков
Вінницький національний технічний університет

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Роль вантажного транспорту при перевезенні вантажів, визначена послідовність транспортування вантажів та логістичні посередники. Проведено аналіз стану речей і основні тенденції сучасного ринку мультимодальних перевезень та виявлені особливості мультимодальної організації логістичного ланцюга та їх характеристики.

Ключові слова: *перевезення вантажів, ефективність, надійність, маршрут руху, логістична система*
Рис 3. Табл 1. Літ 11

Роль грузового транспорта при перевозке грузов, определена последовательность транспортировки грузов и логистические посредники. Проведен анализ состояния вещей и основные тенденции современного рынка мультимодальных перевозок и выявлены особенности мультимодальной организации логистической цепи и их характеристики.

In the future, it will enable many logistics transportation companies to improve their financial affairs in the domestic and foreign markets , improve ranking, traffic volumes and finally get rid of the humiliating role of subcontractors leading foreign companies where their potential is much higher.The role of freight transport by shipping, the sequence of cargo transportation and logistics intermediaries. The analysis of the situation and main trends of modern multimodal transport market and identified the features of multimodal logistic chains and their characteristics.In the West, logistics has for decades successfully operating in the transport sector. And all the while being sought every possible way to reduce and optimize the total costs of transport, improve the economic efficiency of logistics operations, improve its information and support.The relevance of the development and improvement of transport logistics chain , and especially multimodal chains increases.

Автомобільний транспорт, вид транспорту, що здійснює перевезення вантажів і пасажирів по безрейкових шляхах. Основні сфери застосування автомобільного транспорту - розвезення і підвезення вантажів до магістральних видів транспорту, перевезення промислових і сільськогосподарських вантажів на короткі відстані, внутрішньоміські перевезення, перевезення вантажів для торгівлі і будівництва, можливість доставки вантажів «від дверей до дверей». На дальні відстані автомобільний транспорт перевозить швидкопсувні, особливо цінні, що потребують швидкої доставки, незручні для перевантаження іншими видами транспорту вантажі. Нині без автомобільного транспорту неможлива діяльність жодної галузі господарства.

Концентрація автомобілів в крупних транспортних підприємствах зробила можливим не тільки збільшувати частку участі автомобільного транспорту в перевезеннях, але і постійно удосконалювати транспортний процес, вводити прогресивні методи перевезень (централізовані за системою тягових «плечей», широке застосування контейнерів, піддонів і тому подібне), покращувати транспортно-експедиційне обслуговування, скорочувати нераціональні перевезення, організовувати прямі перевезення вантажів від виробника до споживача.

Які переваги отримують вітчизняні транспортні підприємства, що використовують логістику в своїй практиці, в порівнянні з тими, хто продовжує йти утореваними дорогами? Вони досягають більшої стабільності, передбаченості, конкурентоспроможності, технологічності в перевезеннях, у тому числі і у сфері експорту транспортних послуг.

У перспективі саме логістика дасть можливість багатьом транспортним підприємствам поправити свої фінансові справи на внутрішньому і зовнішньому ринках, підвищити рейтинг, об'єми перевезень і, нарешті, позбавитися від принизливої ролі субпідрядників провідних іноземних фірм там, де їх можливості набагато вищі.

На Заході логістика вже не одне десятиліття успішно працює на транспортну галузь. І весь цей час ведеться пошук всіляких шляхів зниження і оптимізації загальних витрат на здійснення перевезень, підвищення економічної ефективності логістичної діяльності, поліпшення її інформаційного і технічного забезпечення.

Причому підвищений попит на зарубіжних ринках мають, як правило, фірми, які пропонують нові, повніші комплекси логістичних і інших видів послуг. До їх числа слід віднести, наприклад, аутсорсинг - максимальне звільнення підприємств-виробників від

©С.І.Томляк, А.П.Поляков

невластивих для них трудомістких і малоефективних функцій по постачанню продукцією і її збуту.

Таким чином, актуальність розробок і вдосконалення транспортних логістичних ланцюгів і, особливо, мультимодальних ланцюгів зростає.

Розподіл програм виробництва, постачання і збуту, що працюють строго за графіком ("Канбан" і "Точно в термін") - це результат удосконалювання методів виробництва товарів і доставки їх на ринок. Взаємозв'язок і взаємозалежність усіх логістичних елементів, включаючи транспорт, обумовили необхідність комплексного підходу до їхнього подальшого розвитку, на базі якого і відбувалося формування інноваційних транспортних систем збору і розподілення матеріальної продукції. Підготовка до впровадження вищевказаних програм полягала в таких мірах, як: налагодження високоякісного і надійного виробництва; перепланування виробничих приміщень і настроювання їх на ефективну роботу (включаючи поліпшення роботи зі збору замовлень споживачів): впровадження сучасних інформаційних систем, що забезпечують поточне керування і контроль усього логістичного процесу в реальному масштабі часу і, нарешті, забезпечення надійного транспортування вантажів.

Перші три пункти підготовчих заходів звичайно виконуються виробничими і рідше посередницькими фірмами. Перевезення ж цілком чи частково виконуються транспортними підприємствами загального користування. Всі елементи логістичних каналів повинні працювати майже ідеально, щоб уникнути зупинки виробничого процесу чи вичерпання запасів у споживачів, оскільки безпосередній контроль за рухом товарно-матеріальних цінностей є основним об'єктом пильної уваги. З цього слідує, що транспорт являє собою важливу ланку логістичної системи: він повинний володіти рядом необхідних властивостей і відповідати визначеним вимогам з метою створення інноваційних систем збору і розподілу вантажів. Насамперед, транспорт повинний бути досить гнучким щоб забезпечувати перевізний процес, що піддається щотижневому чи навіть щоденному коректуванню, гарантувати часту і цілодобову доставку вантажів у розкидані і віддалені пункти, надійно обслуговувати клієнтуру з метою уникнення зупинки роботи підприємства чи дефіциту в замовника. Одночасно транспорт повинний мати здатність перевозити невеликі партії вантажів через короткі інтервали часу відповідно до мінливих запитів користувача й умов дрібносерійного виробництва. Основними організаційними структурами, що відповідають вищевказаним вимогам, стали регіональні транспортні компанії по збору і розподілу вантажів, що забезпечують перевезення на невеликі відстані до торгової зони. Такі компанії звичайно виконують перевезення вантажів мілкими партіями і дають економію витрат за рахунок використання власного термінала по збору і розподілу вантажів замість розподільного центру промислової фірми, що обслуговує певний регіон і несе витрати по утриманню запасів.

На пунктах збору регіональних транспортних компаній вантажі зберігаються один-два дня, а потім комплектуються і поставляються замовнику на наступну чи через добу. Зазвичай операції транспортної організації по збору і розподілу вантажів скорочують тривалість доставки цих партій вантажу від постачальника до замовника на 25-50% і більше в залежності від конфігурації мережі, що обслуговується. Нові послуги транспортних організацій надають клієнтурі можливість здійснювати контроль і виявляти гнучкість для швидкої перебудови каналів розподілу. У реальному масштабі часу замовники можуть змінювати обсяг і терміни постачань, маршрути слідування, розмір партій вантажів, що підлягають здачі, чи транзитних послуг. Прагнення мати логістичні системи з більш високим рівнем обслуговування і низьким рівнем запасів товарно-матеріальних цінностей на довгих лініях постачання привело до виникнення різних варіантів керування цими системами, а саме: до зміни традиційних способів консолідації вантажів, виконанню операцій на поблизу розташованих складах, здійсненню нових видів послуг по збору і розподілу вантажів, а також об'єднанню систем постачальників і виробників. При традиційних способах надання послуг скорочення часу доставки вантажів досягається шляхом комбінування швидкого обслуговування клієнтури транспортними компаніями загального користування і спеціальної прискореної обробки вантажів у пунктах їхнього об'єднання. Відповідальність за організацію всієї роботи каналу постачання звичайно несе замовник. Фірми по збору вантажів поєднують дрібні партії, що надходять від декількох постачальників.

Об'єднані вантажі відправляються безпосередньо замовникам або на їх склади чи в разі потреби в розподільні центри, де вони розподіляються дрібними партіями протягом одного-двох днів і доставляються замовнику силами і технікою центру. Часто відправлення дрібно партійних вантажів здійснюють або служба доставки, або транспортні компанії, що спеціалізуються на перевезенні невеликих упакувань вантажів. Перевага скоректованого традиційного способу надання послуг полягає в тому, що при зміні умов чи регіону потребі в обслуговуванні клієнтури можна переукладати контракти на будь-якій ділянці каналу постачання, тому що усі витрати по перевезенню вантажів несуть пункти по їх збору і транспортні компанії загального користування. Недоліки даного способу - це дуже істотні витрати по залученню транспортних компаній загального користування з їхніми високими тарифами, відсутність гнучкості в операціях на постійних пунктах і обмеження на якість обслуговування, зв'язані з невеликим числом постачальників.

Операції на складах, розташованих поблизу від постачальників і виробників, аналогічні традиційним послугам по укрупненню дрібних партій вантажів. Постачальники, що мають такий склад у декількох кілометрах від підприємства-продуцента, поставляють йому різноманітну продукцію, попередньо укрупнивши її у партії необхідного розміру.

Фірми-виробники на своїх складах здійснюють збір комплектуючих елементів, що надходять від багатьох постачальників, об’єднують їх партії і відправляють споживачам. Поява на ринку послуг регіональних транспортних компаній по збору і розподілу вантажів і перевезенню їх до торгових зон знизили конкурентоспроможність промислових фірм, що володіють центрами розподілу і традиційних транспортних організацій по доставці вантажів дрібними партіями. Останні, так само як і автотранспортні компанії, що здійснюють магістральні перевезення, були змушені удатися до більш диференційованих видів обслуговування. Крім того, нові регіональні організації по збору вантажів, встановивши свої ціни і нормативи обслуговування, почали пропонувати спеціалізовані послуги в даній сфері діяльності, спрямовані на задоволення конкретних потреб відправників вантажу. Позитивна сторона (для постачальників і виробників) даного способу обслуговування полягає в простоті зміни виду послуг і розміру партій вантажів, що доставляються транспортними фірмами і можливості пристосовувати логістичні операції до потреб підприємства в постачаннях на повсякденній основі. Разом з тим, виконання операцій на розташованих поблизу складах має і недоліки: необхідно нести капітальні витрати на створення складу, що не завжди може використовуватися повністю; утруднення (з погляду постачальника) в обслуговуванні одного-двох підприємств при будь-якому розташуванні складу; складність (з погляду фірми-виробника) координації значного обсягу транспортних операцій по доставці вантажів власним рухомим складом. Автотранспортні компанії, що виконують міжрегіональні перевезення вантажів укрупненими партіями при повному використанні вантажопідйомності власних автомобілів, попередньо консолідують вантажі на пунктах збору і розукрупнюють їх у місцях розподілення, доставляючи дрібними партіями до одержувачів. Основна перевага такого способу збору і розподілу вантажів - це можливість пристосовувати канали матеріально-технічного постачання до потреб замовника, тому що автотранспортні компанії здатні контролювати роботу автомобілів, що експлуатуються по системі "Точно в термін". Крім того, ці компанії не застосовують твердих тарифів і не укладають традиційних контрактів, забезпечуючи тим самим високу гнучкість у відносинах із замовниками.

Недолік даного способу збору і розподілу вантажів - порівняно невеликі розміри автотранспортних компаній (не більш 50 автомобілів, часто менш 20 од.), внаслідок чого вони попадають у залежність від великих замовників. Негативною стороною автотранспортних компаній є також те, що вони рідко пропонують свої послуги в масштабі всієї країни, а зосереджують свою діяльність, як правило, на обслуговуванні одного-двох регіонів, щоб мати збалансовані потоки вантажів на основних магістралях. Найсучасніший варіант логістичного обслуговування клієнтури по програмі "Точно в термін" (при далеких відстанях перевезень вантажів) - це інтегровані системи постачання постачальника і виробника, що з'явилися завдяки впровадженню в господарську практику фірм електроніки. У таких системах маються новітні типи ЕОМ, зв’язані з центральною ЕОМ розподілу, яка видає дані про наявність запасів товарно-матеріальних цінностей, у тому числі в пунктах укрупнення партій вантажу і на всьому шляху проходження.

©С.І.Томляк, А.П.Поляков

Незважаючи на те, що окремі елементи логістичної системи (транспорт, пункти обробки вантажів, засоби зв'язку і так далі) могли б належати постачальникам і виробникам на індивідуальній чи спільній основі, фактично в перші роки зародження системи з сучасних послуг за більшістю елементів зберігалася колишня власність, а їхня діяльність координувалася за допомогою електронної техніки, що є загальною власністю. Надалі стала виявлятися тенденція до спільного володіння постачальниками і виробниками деякими елементами логістичних систем, що працюють по програмі "Точно в термін" (чи здійсненню спільного контролю). Особливо це стало характерним для корпорацій з вертикально інтегрованими філіями, що поставляють матеріали іншим дочірнім фірмам, а також партнерам спільних підприємств, які беруть участь у розробці новітніх технологій.

Безпосередні зв'язки за допомогою електронних засобів між постачальниками і виробниками різноманітні. Прямий зв'язок між двома сторонами не тільки прискорює процес проходження замовлень, забезпечуючи їх більш швидке виконання при меншому обсязі паперової документації, але й полегшує керування запасами товарно-матеріальних цінностей, скорочуючи витрати на виконання замовлень і збереження запасів. Крім того, сучасний зв'язок забезпечує постачальнику одержання великого обсягу інформації, роблячи для нього доступними дані про збут продукції. Однак ще більш важливо те, що забезпечується миттєвий зв'язок постачальника з кінцевим споживачем. В результаті удається швидко оцінити зміни і тенденції на ринку.

Таким чином, дослідження нових логістичних систем збору і розподілу вантажів показали, що вони взяв широке застосування в розвинених країнах з ринковою економікою, ставши з погляду витрат і рівня обслуговування ефективними альтернативами колишнім системам транспортного сервісу.

Під оперативним управлінням перевізним процесом розуміється реалізація функцій, що забезпечують вирішення транспортних проблем протягом змінно-добового періоду по окремих елементах технологічного процесу перевезень. Оперативне управління направлене на виконання поточних планів перевезень. Тут і далі вдосконалення системи управління і контролю буде висвітлено в світлі диспетчерського регулювання транспортно-технологічного процесу.

Оперативне регулювання виявляється в розробці управлінських дій на перевізний процес з метою утримання його в рамках заданого плану. З цієї причини необхідний постійний контроль за ходом перевізного процесу - диспетчерування, за допомогою мобільних і інших засобів зв'язку.

Індивідуальний мобільний радіозв'язок набув найбільшого поширення у фірмах і компаніях, що використовують парк вантажівок або комерційних автомобілів. Водіям необхідний зв'язок з координаційною групою (центральним офісом). До недавнього часу кожна компанія була вимушена організовувати свою власну систему радіозв'язку, встановлювати свою власну центральну станцію і приймачі в автомобілях. Для перевезень в межах міста і його околиць створення і експлуатація такої системи обходилася дорого, але в розумних межах.

Зараз користувачі індивідуальних систем радіозв'язку об'єднуються в закриті групи користувачів. Користувачі кожної такої групи дістають доступ до одних і тих же частот, магістральних ліній і радіостанцій, які забезпечують потрібну зону дії. Зазвичай, доступ до телефонної мережі відсутній. З економічної точки зору закриті призначені групи користувачів найбільше відповідають для організації зв'язку з використовуваним парком автомобілів.

У таблиці 1 дана коротка характеристика одного з операторів.

Таблиця 1

Коротка характеристика оператора радіозв'язку

Оператор	Робоча частота	Радіус впевненого прийому	Вартість комплекту/абонентська плата грн.	Модель
КРС	400 МГц	до 140 км	13500/1000	Vx-500, CD-300, FIL-7011

Мобільний радіозв'язок можна організувати як в цивільному діапазоні, на частоті 27 МГц, так і професійному, на частотах 160 МГц або 400 МГц (чим вище частота, тим краще

якість зв'язку). Для зручності абонента можна спроектувати 2-х і більш зонову систему обслуговування, тобто з'являється можливість так організувати зв'язок, щоб прийом сигналу здійснювався в різних районах, а вся інформація передавалася через єдиний комутатор. Схематично це виглядає таким чином (рис. 1).

Розглянувши традиційну технологію передачі інформації при управлінні перевезеннями, можна зробити висновок: зв'язок з водієм і обмін інформацією можливий тільки після його прибуття у вузловий пункт. Відомо, що умови автотранспортного процесу досить динамічні і є певна вірогідність виникнення форс-мажорних обставин. Далі, враховуючи кримінальну обстановку на вітчизняних дорогах в сукупності з іншими зовнішніми чинниками, ми не маємо стовідсоткової гарантії прибуття транспортного засобу в призначений пункт. Тому стає очевидним, що оперативний зв'язок з водієм, що знаходиться на лінії, просто необхідний.

Далі, із-за неможливості постійного, централізованого контролю за роботою рухомого складу на лінії важливе значення для організації управління процесом перевезень вантажів має автоматизація системи збору первинної інформації про роботу автомобілів. Автоматизований збір первинної інформації про роботу вантажних автомобілів здійснюється тахографами — пристроями для вимірювання числа оборотів двигуна. Тахограф встановлюється на приладовому щиті автомобіля і об'єднує спідометр з лічильником пробігу, тахометр, годинник і пристрій для запису на спеціальному диску параметрів роботи автомобіля.

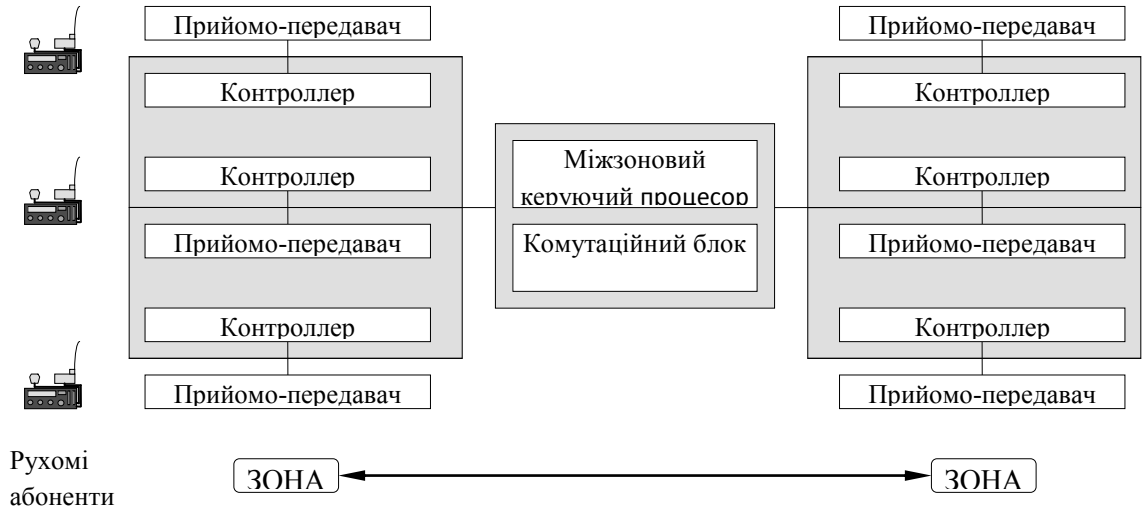


Рис. 1. **Структура 2-х зонової системи зв'язку**

Здійснення оперативного контролю, координування рухомого складу на лінії і регулювання ходу транспортного процесу неможливе без засобів зв'язку, які дозволяють здійснювати обмін інформацією, у будь-який момент часу, між всіма учасниками перевізного процесу. Отже, наявність у водія радіозв'язку дозволить помітно підвищити якість перевізного процесу.

Наявність постійних вантажопотоків зумовлює організацію регулярного руху рухомого складу по заздалегідь розроблених маршрутах перевезень. Маршрутом називається шлях проходження рухомого складу по трасі між вантажоутворюючими і вантажоприймаючими пунктами. Відстань між початковим і кінцевим пунктом перевезення називається довжиною маршруту.

Вибір і складання маршрутів руху повинні відповідати наступним вимогам: максимально продуктивно використовувати пробіг рухомого складу по всьому маршруту; забезпечувати повне завантаження рухомого складу, що працює на маршруті; час одного обороту рухомого складу на маршруті не повинен перевищувати часу однієї зміни роботи водіїв; організація руху по можливості по найкоротшій відстані; можливість організації диспетчерського керівництва і контролю за перевезеннями; забезпечувати мінімальні нульові пробіги; виключити можливість зустрічних однорідних перевезень; добиватися виконання перевезень мінімальною кількістю рухомого складу; дотримувати встановлені правила безпеки руху.

Вибір маршрутів руху залежить перш за все, від територіального розташування вантажоутворюючих і вантажоприймаючих пунктів, відстані між ними, величини вантажопотоку і вживаного типу рухомого складу. Робота рухомого складу по заздалегідь складених раціональних маршрутах спрощує оперативне планування, забезпечує регулярність перевезень, сприяє підвищенню продуктивності рухомого складу і ефективності перевезень.

Розрізняють наступні маршрути руху рухомого складу: маятникові, радіальні, кільцеві, комбіновані і дільничні.

Дільничні маршрути застосовуються при організації міжміських і міжнародних перевезень вантажів і характеризуються тим, що рух рухомого складу по ним здійснюється по перегонах-ділянках маршруту. Дільничну систему руху доцільно застосовувати при постійних і значних по розмірах вантажопотоках, на маршрутах великої протяжності. За автотранспортними підприємствами, розташованими в різних пунктах маршруту, закріплюються ділянки, по яких вони організовують рух рухомого складу. Як рухомий склад в основному використовуються сідельні тягачі з напівпричепами. Передача напівпричепів відбувається в естафетних пунктах стиковки ділянок. На рис. 2 показана схема дільничного маршруту АД. У пунктах Б і Г, розташованих на маршруті, знаходяться вузлові автотранспортні підприємства, що здійснюють власне перевезення вантажів на ділянках маршруту АБВ і ВГД. Пункт В є вантажною станцією, де відбувається передача напівпричепа одним автотранспортним підприємством іншому для подальшого перевезення.

Режим роботи автомобільної лінії визначається організацією руху, способами обслуговування автомобілів і автопоїздів водіями і вимогами технічного забезпечення рухомого складу.

Практика міжміських сполучень виробила дві основні системи організації роботи і руху рухомого складу на автомобільних лініях:

- система крізного руху кожного автомобіля або автопоїзда від початкового до кінцевого пункту автолінії незалежно від відстані перевезення;

- система дільничного (плечового) руху, при цьому автомобільна лінія ділиться на ряд ділянок, на кожному з яких діє окремий парк сідельних тягачів, що їздять тільки в межах своєї ділянки, а напівпричепи слідують з вантажем від початку до кінця обслуговуваного вантажного потоку, на стиках двох суміжних ділянок вони передаються тягачам наступної ділянки і так далі. Передача напівпричепів здійснюється на спеціально влаштованих переціпочних пунктах (переціпочних майданчиках), а у вузлових пунктах або при значному вантажообігу на лінії для цих цілей організовуються автомобільні станції.

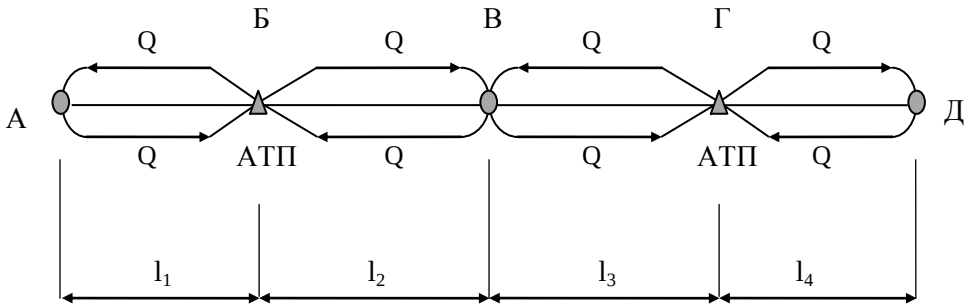


Рис. 2. **Схема дільничного маршруту**

Кожна з вказаних систем має свої переваги і недоліки, які з різною силою проявляються в певних конкретних експлуатаційних умовах. Істотною відмінністю цих систем є організація праці водіїв. На рис. 3 показана схема автолінії і оборотів тягачів при дільничній системі руху.

Дільнична схема руху рухомого складу по маршруту дозволяє скоротити час на перевезення вантажів, уникнути спареної роботи водіїв, підвищити оперативність диспетчерського керівництва і значно збільшити продуктивність рухомого складу за рахунок його завантаження в прямому і зворотному напрямах, а також створює кращі умови роботи водіям, які мають можливість щодня повертатися в своє автотранспортне підприємство, що виключає можливість їх відрядження.

©С.І.Томляк, А.П.Поляков

При дільничній системі організації руху тривалість обороту тягачів і напівпричепів визначається роздільно для кожного з цих типів рухомого складу, оскільки просування їх по маршруту перевезення відбувається по різному. Тягачі звертаються тільки на ділянках або плечах, за якими вони закріплені.

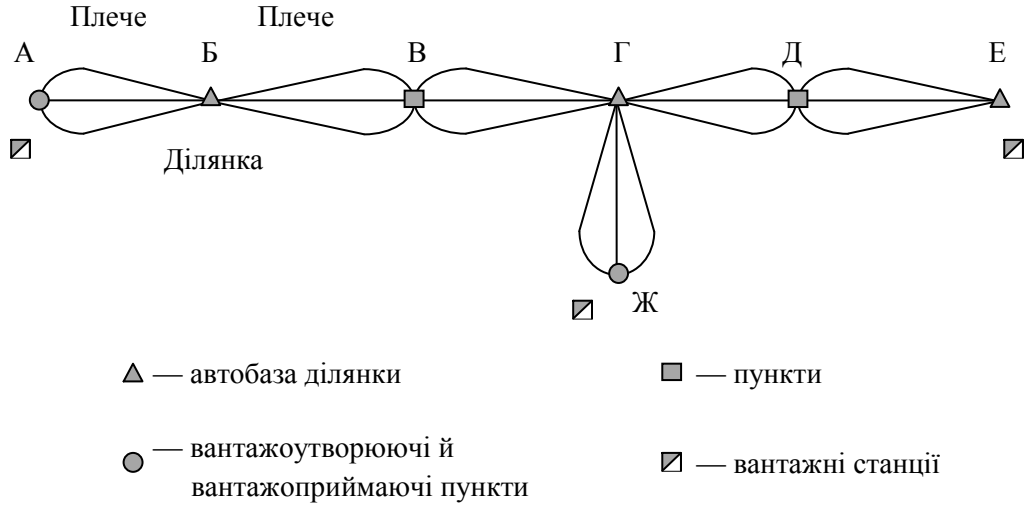


Рис. 3. **Схема лінії і оборотів тягачів при дільничній системі руху**

Напівпричепи ж слідують від пункту відправлення вантажу до місця його призначення і при достатньо великій відстані перевезення можуть проходити через декілька ділянок або плечей автомобільної лінії. На всьому маршруті їх проходження вони буксируються послідовно декількома тягачами.

При цьому можливі два варіанти організації руху:

1. Тягачі лінійних автопоїздів курсують тільки між вантажними автомобільними станціями, розміщеними в певних пунктах автомобільної лінії. У початкових і кінцевих пунктах маршруту проходження вони обмінюють напівпричепи на місцевих вантажних автомобільних станціях, які здійснюють їх подальшу доставку на склади вантажовласників для отримання (вантаження) або здачі (вивантаження) вантажу місцевими маневровими тягачами. Це дає можливість організувати рух лінійних тягачів протягом доби по чіткому графіку незалежно від часу функціонування складів вантажовідправників і вантажоодержувачів. Лінійні тягачі працюють на жорстко фіксованих ділянках і при постійному часі обороту. Тягач подається до вже навантаженого і підготовленого до відправлення напівпричепа, і час витрачається на приймання його і вантажу водієм і експедитором, отримання транспортних документів і причіплювання. Аналогічні процеси, але в зворотному порядку, відбуваються і в пункті призначення. У стикових пунктах маршруту проходження і при передачі напівпричепа з однієї ділянки на іншій час витрачається тільки на перечіпку і передачу документів.

У пункті стику двох тягових плечей однієї ділянки (в більшості випадків тут же розміщується основне автотранспортне підприємство, а також проживають і водії, які його обслуговують) відбувається передача автопоїзда одним водієм іншому, який поведе його на наступному плечі. Як правило, це проводиться без розчеплення автопоїзда і полягає в передачі перевізних документів, огляді вантажу (при перевезенні в кузовах-фургонах обмежуються оглядом пломб) і технічному огляді напівпричепів.

2. Тягачі лінійних автопоїздів отримують навантажені напівпричепи на складах вантажовідправників і доставляють їх для розвантаження, обминаючи вантажні автомобільні станції, на склади вантажоодержувачів. У зв'язку з цим в пунктах відправлення і доставки вантажу (на кінцевих плечах маршрутів проходження автопоїздів) виникають додаткові для лінійного тягача витрати часу на вантажно-розвантажувальні операції, а також на зайвий (або) менший в порівнянні з довжиною плеча пробіг. У цих випадках в розрахункові формули повинні бути внесені поправки виходячи з норм витрат часу на вантажно-розвантажувальні роботи.

©С.І.Томляк, А.П.Поляков

Тепер що стосується обороту причепів і напівпричепів. Тривалість їх обороту може значно відрізнятися від тривалості обороту автомобілів і тягачів, які входять спільно з ними до складу автопоїзда.

В більшості випадків час обороту причіпного парку дорівнює часу обороту тягового рухомого складу. Останнє залежить від системи організації руху, в практиці зустрічаються наступні варіанти.

При застосуванні дільничної (плечової) системи організації руху лінійні тягачі їздять тільки на певних ділянках автолінії, напівпричепи ж просуваються з вантажем на всьому протязі його доставки, поступаючи в кінцевих пунктах маршруту в місцевий маневровий оборот. Після розвантаження напівпричіп поступає під вантаження в цьому ж пункті автолінії або за відсутності тут вантажу прямує в інший найближчий пункт, де відчувається нестача в порожніх напівпричепах. З моменту надходження напівпричепа під наступне вантаження починається новий цикл його руху. У практиці експлуатаційних розрахунків поняття «Оборот напівпричепа» підміняється поняттям «Оборот напівпричепа на замкнутому (кільцевому) маршруті» з обов'язковою вимогою повернення напівпричепа в пункт першого вантаження.

Оборот напівпричепа на замкнутому маршруті. Іноді виникає необхідність організувати систематичний рух напівпричепів між двома певними пунктами з обов'язковим поверненням їх в початковий пункт. Це може мати місце при перевезенні вантажів, що вимагають спеціалізованого рухомого складу, наприклад цистерн, рефрижераторів, напівпричепів-розпусків і тому подібне, а також при обслуговуванні автопоїздами регулярних стійких вантажопотоків між кореспондуючими пунктами.

Підсумовуючи викладене, можна зробити наступні висновки.

Суть проблемної ситуації в автотранспортній і автодорожній сфері в сучасний період практично полягає в явній недооцінці на управлінському і особливо фінансовому рівнях ролі і місця цієї сфери в господарстві, багатообразному впливі її на фундаментальні соціальні процеси в суспільстві.

Ця недооцінка зв'язана, з одного боку історичною традицією висунення на перше місце в збиток останнім транспортно–економічних телекомунікацій і магістральних видів транспорту, з іншої – зяючим проломом в науковому міждисциплінарному забезпеченні будь-яких практичних управлінських дій у сфері місцевого транспорту і місцевих шляхів сполучення.

Відповідно до цього генеральний напрям наукової роботи в розширенні проблемної ситуації, як представляється, може полягати в проведенні циклу досліджень, на основі яких можна передбачати реальні наслідки тих або інших дій в управлінні автотранспортним і автодорожнім господарством. На основі цього нового знання можна варіювати ситуації і вибирати якнайкращу стратегію і тактику.

У даній області є як би два пласти і два дослідницькі об'єкти: державний і регіональний рівні управління; магістральний і місцевий транспорт і шляхи сполучення. Зараз бачимо глибоке структурне зрушення в транспортній сфері: автомобільний транспорт, який раніше обслуговував в основному зв'язки в межах до 300 км., широко і міцно виходить в конкурентну боротьбу із залізничними дорогами на відстані вже 5 тис.км, і має велику перевагу перш за все в термінах доставки і збереження вантажів, особливо дорогих. Разом з тим на місцевому (міському, селищному, приміському і внутрішньорайонному) рівнях виявились проблеми обслуговування населення пасажирськими перевезеннями. Ясно, що одна сторона повинна компенсувати іншу: вихід на магістральний рівень автотранспорту повинен підтримувати його матеріально на місцевому рівні. Але цього не відбувається, бо фінансові потоки в цій можливій взаємодії вийшли з-під контролю держави.

Аналогічні пропорції виникли між вітчизняним автомобілебудуванням, стихійним імпортом автомобілів, автотранспортним сервісом і змістом та будівництвом доріг. Необхідно проглянути всі фінансові і матеріальні потоки в ланцюгах взаємозв'язків, задіяних у функціонуванні автодорожнього комплексу галузей господарства держави, не упускаючи при цьому соціальну і екологічну сторони і маючи на увазі глибокі регіональні відмінності в рівні автотранспортного обслуговування.

1. Альбеков А.У., Федько В.П., Митько О.А. Логистика коммерции. Серия «Учебники, учебные пособия». - Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. - 347 с.
2. Афанасьев Л.Л. и др. Единая транспортная система и автомобильные перевозки. Учебник для студентов вузов. М.: Транспорт, 1998. - 333 с.
3. Батищев И.И. Организация и механизация погрузо-разгрузочных работ на автомобильном транспорте. Учебник. 6 - е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1998. - 367 с.
4. Бауэрсокс Д., Д. Клосс. Логистика. Интегрированная цепь поставок. – М.: Олимп-Бизнес, 2006. - 215 с.
5. Ванчукевич В.Ф. и др. Грузовые автомобильные перевозки. Учебное пособие. Мн.: Выш. Шк., 1989. - 272 с.
6. Голованенко С. Л. Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1984 - 320 с.
7. Иларионов В. А. «Правила дорожного движения и основы безопасного управления автомобилем». – М.: Транспорт, 2001. - 216 с.
8. Коган Э. И. «Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта». – М.: Транспорт, 1994. - 253 с.
9. Краткий автомобильный справочник НИИАТ. – М.: Транспорт, 1999. - 290 с.
10. Лапин В. Л., Мартинсен А. Г., Попов В. М. Основы экологических знаний инженера: Учеб. пос. - М: Экология, 1996. – 324 с.
11. Панкратов Ф.Г., Серегина Т.К. Коммерческая деятельность: Учебник для вузов. 4-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Информационно- внедренческий центр «Маркетинг», 2000. - 414 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014

©С.І.Томляк, А.П.Поляков

УДК 681.121

Ю.В.Тростенюк, О.М.Безвесільна, А.В.Ільченко
Житомирський державний технологічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ОСЬОВОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ТРУБКИ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИТРАТОМІРА БІОПАЛИВ

Розроблена математична модель осьового теплового потоку трубки термоанемометричного витратоміра біопалив: отримано розподіл температур по осі трубки термоанемометричного витратоміра в залежності від діаметра трубки та нагрівального елемента, відстані до нагрівального елемента та різних біопалив.

Ключові слова: *моделювання, термоанемометричний витратомір, осьовий тепловий потік, біопаливо*
Рис 9. Табл 1. Літ 5

Разработана математическая модель осевого теплового потока трубки термоанемометрического расходомера биотоплив: получено распределение температур по оси трубки термоаномометрического расходомера в зависимости от диаметра трубки и нагревательного элемента, расстояния до нагревательного элемента и разных биотоплив.

The mathematical model of axial thermal stream of Termoanemometric flowmeter tube biopropellants in the Solidworks complex is worked out. In this complex motion and heat exchange of fluid environment are designed by means of equalizations of Nav'e-Stokes, that describe in the non-stationary raising the laws of maintenance of mass, impulse and energy. Except this equalizations of the state of components of fluid environment, and also empiric dependences of their viscidity and heat-conducting of these components from a temperature are used. Newtonian liquids are set by dependence of their coefficient of viscidity on speed of deformations of change and temperature, compressible liquid are set by dependence of their closeness on pressure. Turbulent, laminar and transitional streams are designed by these equalizations. Data of distribution of temperatures of tube of Termoanemometric of flowmeter depending on the diameters of tube of Termoanemometric of flowmeter and heater element, distance to the heater element and type of biopropellants are got. These sizes give an opportunity to promote a temperature to maximally possible on condition of self-ignition of biopropellants. At such temperatures an overfall is the biggest and at maximal distances from a heater element the temperature on a transversal cut aligns. However at the designing there can be zones of turbulence that is observed at a small transversal cut between the tube of flowmeter and heater element.

Постановка проблеми. Сучасні автовиробники використовують для визначення витрати палива двигуном автомобіля сукупність даних та показань датчиків: витрати повітря, обертів колінчастого вала, часу впорскування палива, тиску в системі живлення, токсичності двигуна тощо. Така підхід та конструкція мають ряд недоліків: наявність в своєму складі механічних елементів, які з часом змінюють свої властивості, низька миттєва точність вимірювання та ін. Як наслідок, погіршується робота паливної системи двигуна, що впливає на його економічні та екологічні показники. Основними недоліками більшості різних методів та засобів визначення витрат палив є незадовільна похибка вимірювання, інерційність на зміну витрати палива, що особливо стосується біопалив.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із шляхів усунення вказаних недоліків є удосконалення конструкцій витратомірів. Доцільним вважається використання витратомірів, які цілком базуються на електронних елементах. Термоанемометричний витратомір (ТАВ) [1, 2] повністю задовольняє умовам експлуатації на автомобілях з двигунами, що працюють на різних паливах, в тому числі й на біопаливах. Конструкція витратоміра включає в себе трубку ТАВ, в якій встановлено нагрівальний елемент (НЕ) та датчики температури палива.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Вимірювання витрат палив двигуном автомобіля за допомогою ТАВ сьогодні ще не мають практичного застосування. Однією з причин є відсутність математичних моделей розподілу температур по осі трубки ТАВ та необґрунтованість геометричних параметрів ТАВ (діаметрів трубки та НЕ, місць розташування датчиків температур).

Мета дослідження. Метою даного дослідження є отримання залежностей температур палив по осі трубки ТАВ з урахуванням їх витрат від відстані до НЕ. Визначення геометричних параметрів трубки та НЕ ТАВ, при яких незалежно від заданого діапазону швидкості руху

©Ю.В.Тростенюк, О.М.Безвесільна, А.В.Ільченко

палива (його витрати) не виникає турбулентних потоків в точках розрахунків температури (рис.1, $a_{0\text{-}1}…a_{3\text{-}13}$).

Основні результати дослідження. Для досягнення вказаної мети використано комп'ютерне моделювання в CFD-Комплексе COSMOS FloWorks [3]. В ньому рух та теплообмін в різних точках палив моделюється за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса, що описують в нестаціонарній постановці закони збереження маси, імпульсу та енергії. Окрім цього використовуються рівняння стану компонентів палив, а також емпіричні залежності їх в'язкості та теплопровідності цих компонентів від температури. Ньютонівські рідини задаються залежністю їх коефіцієнта в'язкості від швидкості зсувних деформацій та температури; палива, що стискаються, - залежністю їх густини від тиску. Цими рівняннями моделюються турбулентні, ламінарні та перехідні потоки.

Для моделювання процесів термо- та гідродинаміки були прийняті до уваги наступні параметри: витрата палива на вході ТАВ, температура палива (бензин, біоетанол, дизельне паливо (ДП) та олія рослинного походження (ОРП)) на вході ТАВ, діаметр НЕ, температура НЕ, внутрішній діаметр трубки ТАВ, тиск та температура на виході ТАВ (рис.1)**.**

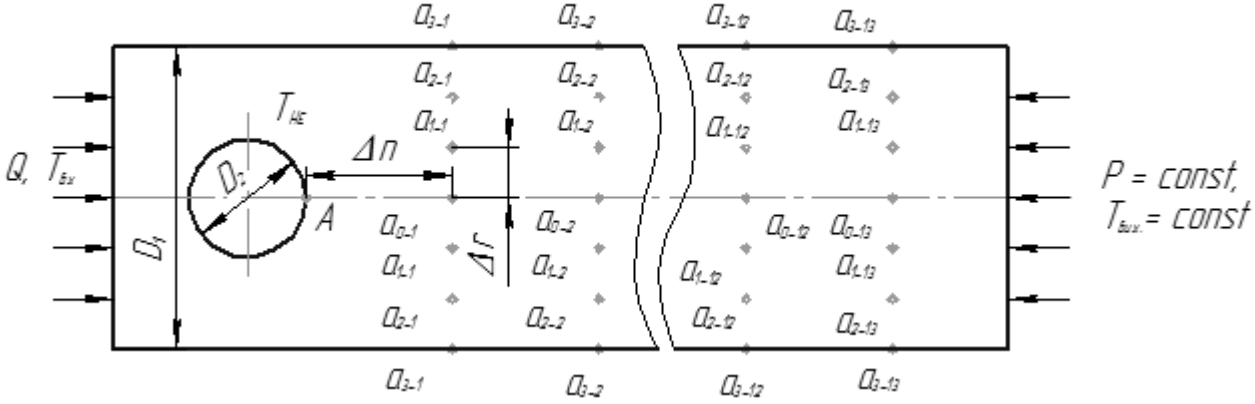


Рис.1. **Схема ТАВ:**

Q – витрата палива на вході, л/год; $T_{вх}$ – температура палива на вході, °К; D_1 – внутрішній діаметр трубки ТАВ, мм; D_2 – діаметр НЕ, мм; $T_{НЕ}$ – температура НЕ, °К; $T_{вих}$ – температура палива на виході ТАВ, °К; Р – тиск на виході ТАВ, Па; $_{\Delta}$n – крок дискретизації розрахунків температури вздовж осі трубки ТАВ, мм; Δr – крок дискретизації по радіусу між точками розрахунків температур, мм; $a_{0\text{-}1}$ … $a_{3\text{-}13}$ - точки розрахунків температури; А- крайня точка поверхні НЕ.

Основним параметром, що необхідно визначити для підвищення в подальшому точності вимірювання витрати палива, є найбільший перепад температури палива по довжині трубки ТАВ. Крок дискретизації по радіусу між точками розрахунків температури дорівнює $\Delta r=(D_1)/6$. крок дискретизації розрахунків температури вздовж осі трубки ТАВ Δn відмірюється від крайньої точки *А* поверхні НЕ, оскільки найвища температура рідини очікується саме там. В процесі моделюванні були прийнято, що внутрішня поверхня трубки витратоміра ідеальна (по шорсткості і не поглинає теплоту), рух палива на вході рівномірний, в якості палива проаналізовано бензин, біоетанол, ДП та ОРП, яка за властивостями близька до ріпакової та соняшникової олій (табл.1).

Властивості палив.

Таблиця 1.

Паливо	Густина, кг/м^3	Динамічна вязкість, Па*с	Теплоемність, Дж/(кг*К)	Теплопровідність, Вт/(м*К)
Біоетанол	790	0,00114	2396,4	0,181
Бензин	730	0,00053	1840	0,153
ДП	872,7	0,0064	1845	0,1169
ОРП	913	0,084	1736	0,178

В процесі моделювання розподілу температури по осі трубки ТАВ виникла необхідність виконання дослідження в два етапи. На першому етапі визначали відношення розмірів НЕ до внутрішніх розмірів трубки ТАВ, при яких різниця температури між точками, що розташовані найближче і найдальше від НЕ буде максимальною для кожного з палив. При цьому прийнято: Q=25л/год, $T_{вх}$=293,2 °К, $T_{НЕ}$= 573,2 °К, $T_{вих}$=293,2 °К, D_1=6 мм, D_2=1…5 мм (з кроком 1 мм), $_{\Delta}$n=1 см.

В результаті моделювання отримано залежності, що описують значення температур в точках по осі трубки ТАВ для вказаних палив (рис. 2-5).

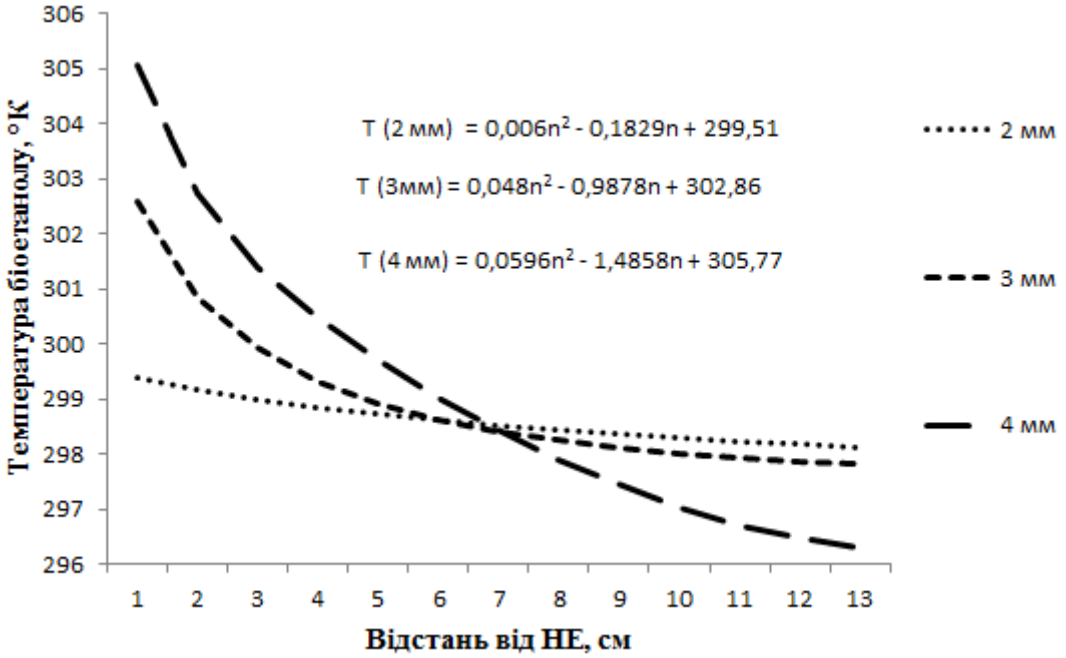


Рис.2. **Залежність температури біоетанолу від відстані до НЕ для D_2=2-4 мм. (R^2=0,95-0,97)**

Таким чином для вимірювання витрати біоетанолу за допомогою ТАВ з D_1= 6 мм, доцільно використовувати НЕ з D_2=4мм. При таких геометричних параметрах перепад температури по довжині трубки ТАВ найбільший $_{\Delta}$T=8,77°К. При значеннях менших D_2=2мм прогрів палива за допомогою НЕ недостатній і перепад температур $_{\Delta}$T суттєво зменшується, що призведе до погіршення точності вимірювань. Значення більші за D_2=5мм впливають на рух палива, він переходить до турбулентного, що призводить до збільшення температури палива біля стінок трубки ТАВ і зменшення її різниці по осі трубки ТАВ. Це також негативно вплине на точність вимірювання витрат.

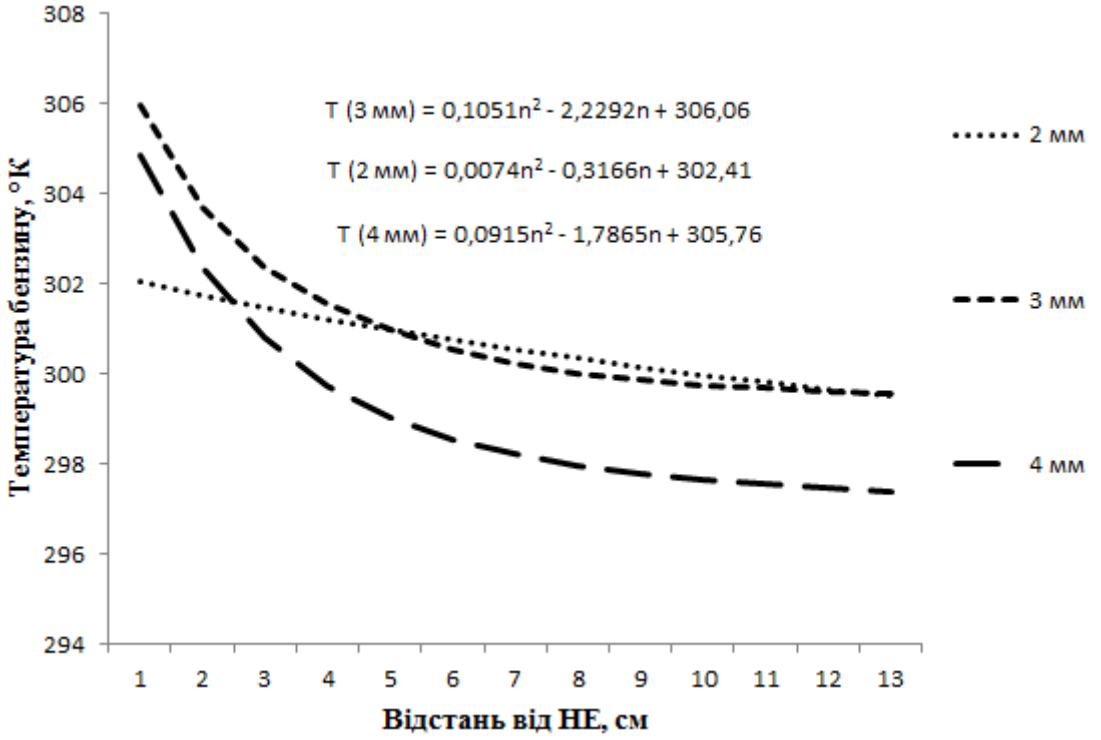


Рис. 3. **Залежність температури бензину від відстані до НЕ для D_2=2-4 мм. (R^2=0,95-0,99)**

З рис. 3 видно, що при використані ТАВ для вимірювання витрат бензину доцільно також використовувати НЕ з D_2=4мм. При цьому перепад температури дорівнює до $_{\Delta}T$=7,45°К.

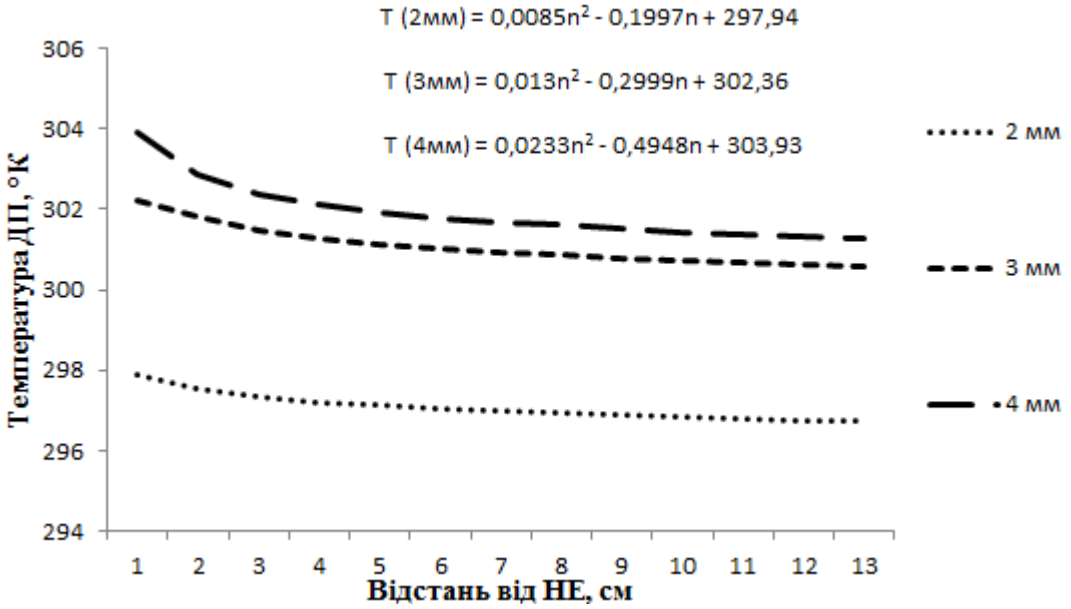


Рис.4 **Залежність температури ДП від відстані до НЕ для D_2=2-4 мм. (R^2=0,95-0,99)**

Аналіз рис 4. показав, що для ДП також доцільно використовувати НЕ розмірами D_2=4мм. При цьому $_{\Delta}T$=2,64°К.

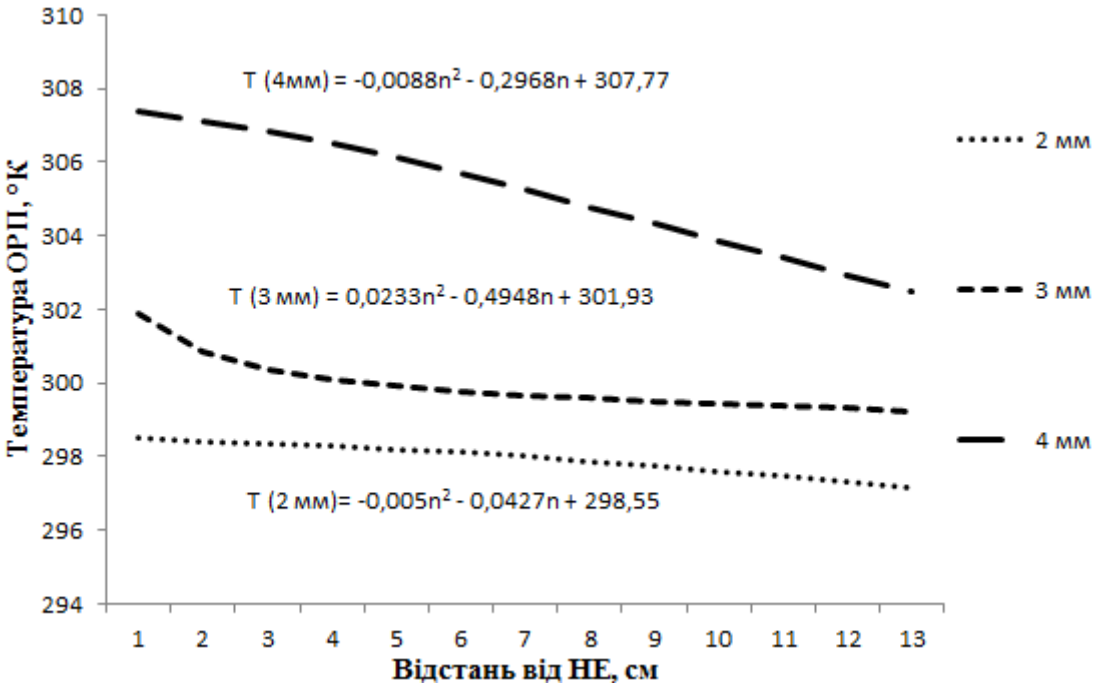


Рис.5 **Залежність температури ОРП від відстані до НЕ D_2=2-4 мм. (R^2=0,95-0,99)**

При моделюванні потоку ОРП спостерігається зовсім інший характер зміни температур при НЕ D_2=4мм, при цьому $_{\Delta}T$=4,89°К. Це, ймовірно, викликано величиною динамічної в'язкості ОРП у порівняння з іншими паливами.

Таким чином встановлено, що найбільший перепад температури вздовж осі трубки ТАВ спостерігається при наступних розмірах НЕ та діаметра трубки ТАВ: D_2=4 мм та D_1=6 мм, для всіх палив, що досліджувалися.

Другий етап дослідження полягає в визначенні залежностей перепадів температур по осі трубки ТАВ від витрат палив. У сучасних вантажних автомобілів витрата палива двигуном складає від 5л/год при холостих обертах двигуна, до 25 л/год при максимальному навантажені [4]. В процесі дослідження вказаний діапазон витрат палив поділено на п'ять піддіапазонів з кроком 5 л/год, які досліджувалися окремо.

Підвищення температури НЕ мало на меті збільшити чутливість датчиків температури між точками її вимірювання, але максимальна температура палива має бути меншою за температуру спалахування палива [5]. Використовуючи отримані вище розміри НЕ, трубки ТАВ та відомі значення витрати палива, максимальну припустиму температуру НЕ $T_{НЕ}$=973°К, відповідно: для ДП 610 °К, біоетанолу до 543 °К, бензину 608 °К і ОРП 712 °К, отримано значення температур вздовж осі трубки ТАВ від відстані до НЕ для даних палив (рис.6-9.).

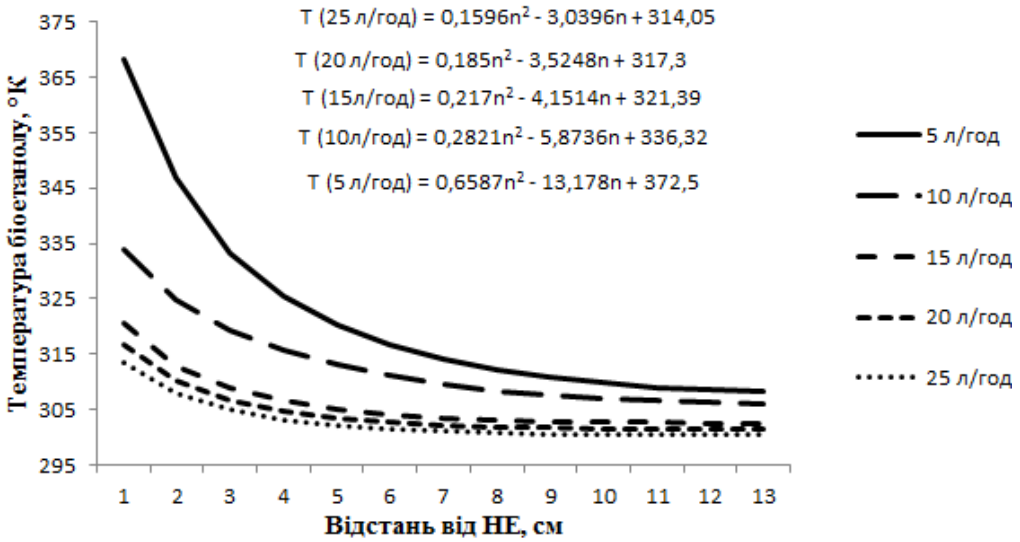


Рис.6. **Залежність температури біоетанолу від відстані до НЕ для Q = 5-25 л/год (R^2=0,92-0,97)**

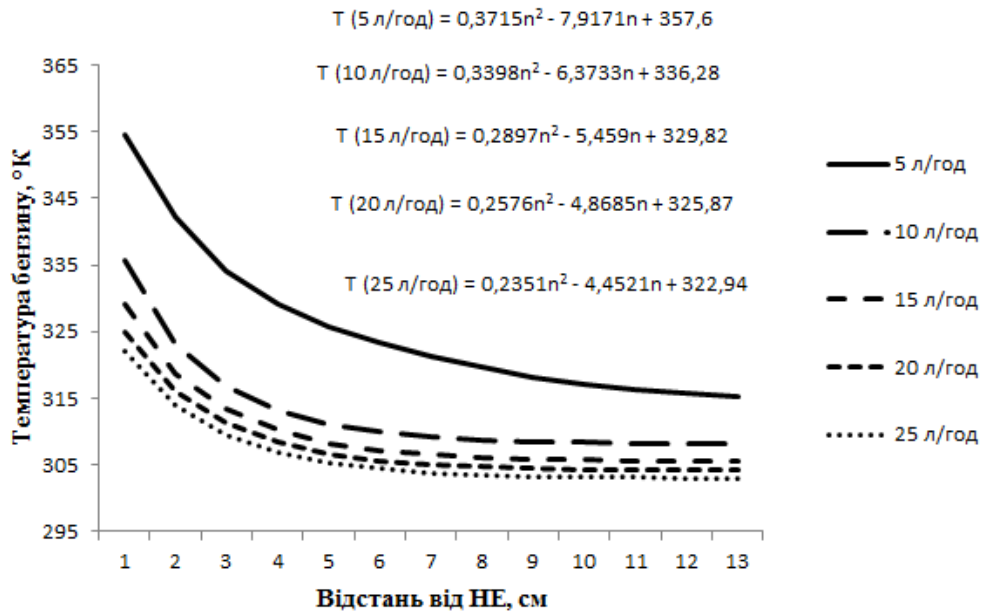


Рис.7. **Залежність температури бензину від відстані до НЕ для Q = 5-25 л/год. (R^2=0,9-0,96)**

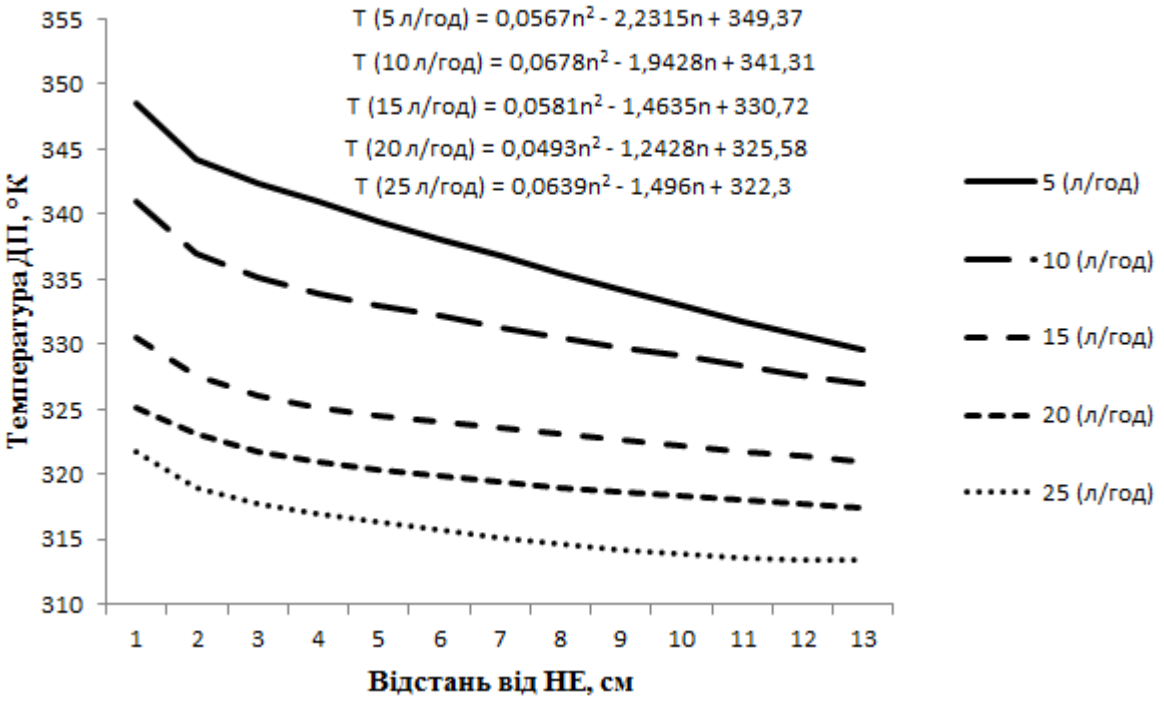


Рис.8. **Залежність температури ДП від відстані до НЕ для Q = 5-25 л/год. (R^2=0,92-0,99)**

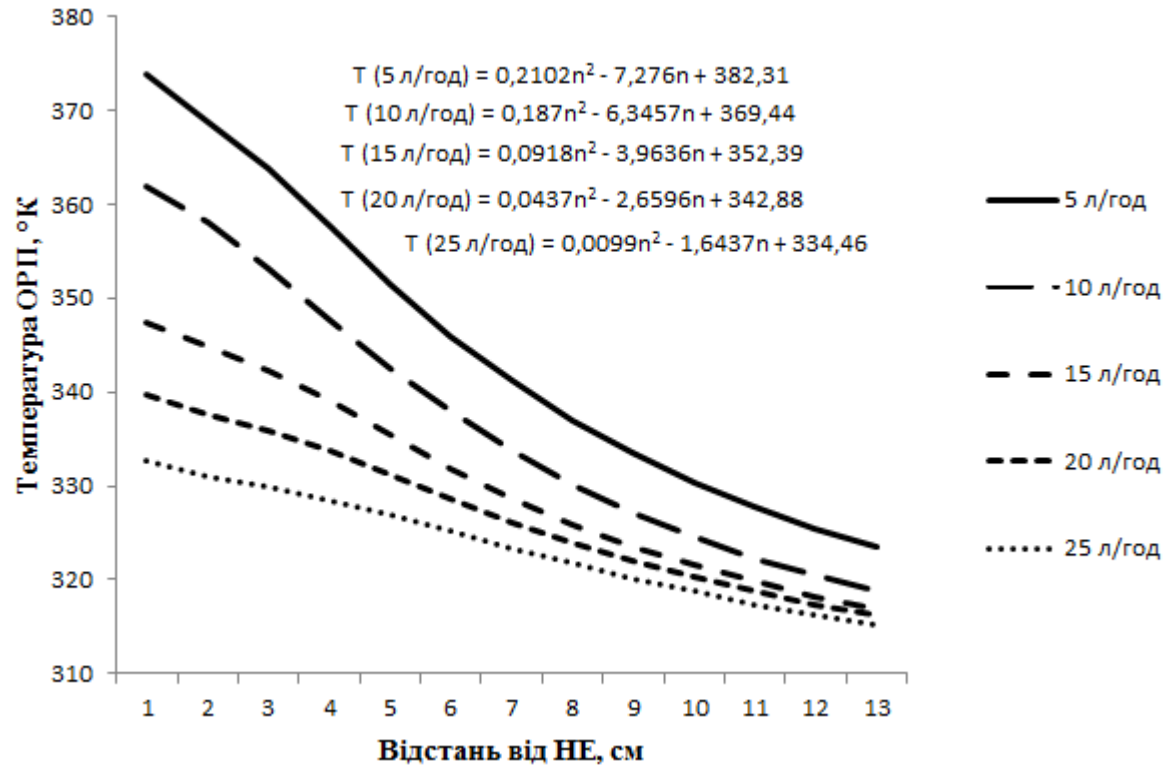


Рис.9. **Залежність температури ОРП від відстані до НЕ для Q = 5-25 л/год. (R^2=0,99)**

З рис. 6-9 видно, що для більшості палив максимальна відстань від НЕ, при якій перепад температури палива можливо виміряти з достатньою точністю, складає 7см. Однак для ОРП, через її величину динамічної в'язкості, діапазон вимірювання температури більший і дозволяє вимірювати збільшену температуру навіть на відстані по осі трубки ТАВ до 13см.

Висновки: 1. Отримано залежності температур палив по осі трубки ТАВ, з урахуванням їх витрат від відстані до НЕ.

2. З метою підвищення точності вимірювань та чутливості ТАВ для бензину, ДП, біоетанолу, ОРП і різних їх витрат двигуном автомобіля ТАВ повинен мати наступні геометричні параметри: відношення розмірів діаметра НЕ до внутрішнього діаметра трубки витратоміра $D_2/D_1=2/3$. Вимірювання витрат палива доцільно виконувати в діапазоні n= 1…7 см по осі трубки ТАВ для автомобілів, що працюють на паливах з відносно невеликим значенням динамічної в'язкості.

1. Ільченко А.В., к.т.н., Романова А.О., Урахування властивостей двокомпонентних палив у процесі вимірювання їх витрати термоанемометричним витратоміром. Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, 2007, № 1(4) ст.104.
2. Безвесильна .Е.Н. Ильченко А.В. Тростенюк Ю.В. Калориметрический расходомер моторных топлив с повышенной точностью измерения расхода. Перспективные направления развития автотранспортного ком-П 27 плекса: сборник статей VI Международной научно-производственной конференции. /МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 14 с.
3. А.А. Алямоский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Понамарев Solidworks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике/ - СПб.:БХВ-Петербург, 2008. - 1040 с.
4. http://renault-trucks.kharkov.ua/pdf/renault-magnum-euro-5.pdf
5. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. (ISO 4589-84)-ГОСТ 12.1.044-89- М.: Стандартинформ,2006.-100с. (Стандарт Российской Федерации)

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014

©Ю.В.Тростенюк, О.М.Безвесільна, А.В.Ільченко

УДК 625.7

Є.Б.Угненко, О.М.Ужвієва
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА ПОКРАЩАННЯ ДОРОЖНІХ УМОВ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ

Розглянуто імовірнісну оцінку покращення дорожніх умов та математичні моделі підвищення безпеки руху. Зазначено, що математичне моделювання потребує наявності вихідної інформації про дорожньо-транспортні пригоди та характеристики геометричних розмірів дорожніх елементів.

Ключові слова: *дорожні умови, імовірнісна оцінка, концентрації ДТП, рівень аварійності, математична модель, геометричні розміри елементів доріг.*

Табл 3. Форм 12. Літ 7

Е.Б.Угненко, Е.Н.Ужвиева

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА УЛУЧШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОВІШЕНИЯ БЕЗОПАСНСТИ ДВИЖЕНИЯ

Рассмотрены вероятностная оценка улучшения дорожных условий и математические модели повышения безопасности движения. Отмечено, что математическое моделирование требует наличия исходной информации о дорожно-транспортных происшествиях и характеристиках геометрических размеров дорожных элементов.

Ключевые слова: *дорожные условия, вероятностная оценка, концентрации ДТП, уровень аварийности, математическая модель, геометрические размеры элементов дорог.*

E. Ugnenko, E. Uzhvieva

LIKELIHOOD ESTIMATION OF IMPROVEMENT OF ROAD CONDITIONS AND MATHEMATICAL MODELS OF INCREASE OF TRAFFIC SAFETY

The likelihood estimation of improvement of road conditions and mathematical models of increase of traffic safety are considered. It is noticed that mathematical modelling demands presence of the initial information on road and transport incidents and characteristics of the geometrical sizes of road elements.

Keywords: *road conditions, likelihood estimation, concentration of road and transport incidents, breakdown susceptibility level, mathematical model, geometrical parametres of elements of highways.*

Вступ. В результаті здійснення заходів щодо безпеки дорожнього руху та при покращенні дорожніх умов на ділянках концентрації ДТП (дорожньо-транспортні пригоди) знижується аварійність. Наукове і практичне значення має задача оцінки покращання дорожніх умов при виконанні таких заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху. Імовірнісна оцінка покращення дорожніх умов може бути об'єктивною характеристикою діяльності дорожньо-експлуатаційної служби в підвищенні безпеки дорожнього руху. Забезпечення і підвищення безпеки руху транспорту і пішоходів при експлуатації доріг загального користування та на стадії їх проектування неможливе без всебічного аналізу фактичної аварійності, висвітлення її зв'язку з дорожніми умовами і, зокрема, з дорожніми елементами [1]. Встановити такий зв'язок і оцінити його кількісними показниками реально за допомогою математичного моделювання. Створення моделей потребує наявності вихідної інформації про дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) та характеристики геометричних розмірів дорожніх елементів.

Імовірнісна оцінка покращення дорожніх умов. В основу оцінки покладемо імовірності появи ділянок концентрації ДТП до і після здійснення заходів, що визначаються за залежностями [2]

$$P_{\text{д}}\left(l \le \bar{l}_{\text{к}_{\text{д}}}\right) = 1 - e^{-\bar{m}\bar{l}_{\text{к}_{\text{д}}}}, \tag{1}$$

$$P_{\text{п}}\left(l \le \bar{l}_{\text{к}_{\text{п}}}\right) = 1 - e^{-\bar{m}\bar{l}_{\text{к}_{\text{п}}}}, \tag{2}$$

де $P_{\text{д}}$, $P_{\text{п}}$ – імовірності появи ділянок концентрації ДТП відповідно до і після здійснення заходів;

©Є.Б.Угненко, О.М.Ужвієва

l – випадкова відстань між ділянками ДТП;

$\overline{l}_{к_д}$, $\overline{l}_{к_п}$ – середні відстані між ділянками ДТП на ділянках концентрації відповідно до і після здійснення заходів;

$\overline{m}$ — математичне очікування ДТП (середня кількість) на одному кілометрі мережі автомобільних доріг.

Різниця між ймовірностями появи ділянок концентрації ДТП до і після впровадження заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху буде характеристикою покращання дорожніх умов на мережі автомобільних доріг:

$$\Delta P = \left(P_д - P_п \right) \cdot 100,$$

або

$$\Delta P = \left[1 - e^{-\overline{m}\overline{l}_{к_д}} - 1 - e^{-\overline{m}\overline{l}_{к_п}} \right] \cdot 100, \tag{3}$$

де ΔP – показник покращання дорожніх умов на мережі автомобільних доріг, при здійсненні заходів, %.

Перетворюючи вираз (3), отримаємо

$$\Delta P = \left(-e^{-\overline{m}\overline{l}_{к_д}} + e^{-\overline{m}\overline{l}_{к_п}} \right) \cdot 100, \tag{4}$$

Для оцінки ймовірностей за виразами (1), (2) потрібно визначити середні відстані між ділянками ДТП на ділянках концентрації до і після здійснення заходів [3-4]. Скористаємось для цього розподілом ДТП на мережі автомобільних доріг загального призначення протяжністю 2513 км за 2010-2012 (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл ДТП на мережі автомобільних доріг за 2010-2012

Кількість на 1 км m	Кількість ділянок l_m з m ДТП	Загальна кількість ДТП $m \cdot l_m$	Кількість на 1 км m	Кількість ділянок l_m з m ДТП	Загальна кількість ДТП $m \cdot l_m$
0	685	0	8	12	96
1	736	736	9	6	54
2	520	1040	10	5	50
3	254	762	11	2	22
4	148	592	12	2	24
5	83	415	15	1	15
6	34	204	19	1	19
7	24	168	Усього	2513	4197

Характеризуючи несприятливі дорожні умови рівнем аварійності m з чотирма і більше ДТП, які виникли на одному кілометрі за останні три роки, за даними табл. 1 визначимо сумарну протяжність кілометрів з такою аварійністю

$$l_к = \sum_{m=4}^{M=19} l_m = 318 \text{ км}. \tag{5}$$

На довжині 318 км мережі автомобільних доріг за останні три роки виникло $Z_{к_д}$ ДТП до впровадження заходів

$$Z_{к_д} = \sum_{m=4}^{M=19} l_m \cdot m = 1659 . \quad (6)$$

Середню відстань між місцями ДТП на ділянках їх концентрації знаходимо за формулою

$$\bar{l}_к = \frac{l_к}{Z / t} = \frac{l_к \cdot t}{Z}, \quad (7)$$

де t – період часу, роки.

Середня відстань між ділянками ДТП до здійснення заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху за розрахунками становить

$$\bar{l}_{к_д} = \frac{1 \cdot 318}{1659} = 0,575.$$

Враховуючи зниження кількості ДТП на ділянках їх концентрації від заходів, направлених на підвищення безпеки дорожнього руху, за залежністю (7) знаходимо середні відстані між місцями ДТП після здійснення заходів. Наприклад, в результаті здійснення заходів аварійність знизилась на $Z_п = 403$ пригоди, тоді на ділянках концентрації їх залишилось

$$Z_п = Z_д - Z_з = 1659 - 403 = 1256, \quad (8)$$

де $Z_п$ – кількість ДТП після здійснення заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху; $Z_з$ – зниження кількості ДТП на ділянках їх концентрації.

Середні відстані між місцями ДТП після здійснення заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху на цих ділянках дорівнюватимуть

$$l_{к_п} = \frac{3 \cdot 318}{1256} = 0,760 .$$

Зниження кількості ДТП на ділянках їх концентрації сприяло зростанню середніх відстаней між ними.

Використовуючи середні відстані між ділянками ДТП за виразами (1), (2), оцінимо ймовірності появи ділянок концентрації ДТП до і після здійснення заходів (табл. 2).

Таблиця 2

Значення ймовірностей ділянок концентрації ДТП до і після здійснення заходів

Середньорічна добова інтенсивність руху N, авт./доб	Середня кількість ДТП на 1 км дороги $\bar{m}$	$P\left(l \le \bar{l}_к\right) = 1 - e^{-\bar{m}\bar{l}_к}$			$\Delta P = \left(P_д - P_п\right) \cdot 100$
		$\bar{l}_{к_д} = 0,575$	$\bar{l}_{к_п} = 0,760$	$l_д = 1,0$	
1	2	3	4	5	6
1000	0,1339	0,0741	0,0968	0,1253	-2,27
2000	0,2972	1571	0,2022	0,2571	-4,51
3000	0,4553	0,2303	0,2925	0,3657	-6,22
4000	0,5675	0,2784	0,3503	0,4331	-7,19
5000	0,6166	0,2985	0,3741	0,4602	-7,56
5419	0,6206	0,3001	0,3760	0,4624	-7,59
6000	0,6142	0,2975	0,3730	0,4589	-7,55
7000	0,5819	0,2844	0,3574	0,4412	-7,30
8000	0,5373	0,2658	0,3353	0,4157	-6,95
9000	0,4905	0,2458	0,3112	0,3877	-6,54

Примітка. Від'ємний знак ΔP вказує на зниження аварійності на ділянках концентрації ДТП і послаблення негативного впливу дорожніх умов на виникнення аварійності.

Математичні моделі підвищення безпеки руху. Як інформацію про ДТП доцільно використати математичне їх очікування в екстремальних дорожніх умовах, а саме на ділянках і в місцях скупчення пригод, де дорожні умови не відповідають вимогам реального руху транспорту щодо його безпеки, а також питому вагу ДТП у долях одиниці за видами пригод.

Теоретичною основою створення моделей є використання закономірностей фактичного розподілу ДТП уздовж доріг. Встановлено, що фактичний покілометровий розподіл ДТП з достатньою для практики точністю збіжності підпорядкований закону Пуассона [5], а розподіл випадкової довжини відстані між ними — біноміальному закону .

Внаслідок необхідності оцінки впливу елементів доріг на безпеку руху для розв'язання задач найбільш прийнятний показниковий закон. На його основі наведено дві евристичні моделі

$$P_{\text{д}}\left(\xi \geq l_{\text{ф}}\right) = e^{-\bar{m}\delta_i l_{\text{ф}}}, \tag{9}$$

$$P_{\text{д}}\left(\xi < l_{\text{ф}}\right) = 1 - e^{-\bar{m}\delta_i l_{\text{ф}}}, \tag{10}$$

де $P_{\text{д}}\left(\xi \geq l_{\text{ф}}\right)$ – імовірність того, що випадкова довжина відстані між ДТП перевищить або дорівнюватиме деякому фіксованому значенню $l_{\text{ф}}$;

$P_{\text{д}}\left(\xi < l_{\text{ф}}\right)$ – те саме буде меншою за деяке фіксоване значення $l_{\text{ф}}$;

e – основа натуральних логарифмів;

1 – верхня границя імовірності, що характеризує появу випадкової події;

$\bar{m}$ – математичне очікування всіх видів ДТП на ділянках і в місцях їх скупчення;

δ_i – питома вага ДТП *i*-го виду в математичному очікуванні всіх видів ДТП;

$l_{\text{ф}}$ – фіксоване значення характеристик дорожніх умов.

Добуток $\bar{m}\delta_i$ у моделях (9, 10) є не що інше як математичне очікування *i*-го виду ДТП у математичному очікуванні всіх видів пригод на ділянках і місцях їх скупчення, тобто

$$\bar{m}\delta_i = \bar{m}_i . \tag{11}$$

Це випливає з залежності

$$\bar{m} = \bar{m}\delta_1 + \ldots + \bar{m}\delta_i \ldots + \bar{m}\delta_9 ,$$

або

$$\bar{m} = \bar{m}(\delta_1 + \ldots + \delta_i \ldots + \delta_9) .$$

У зв'язку з тим що

$$(\delta_1 + \ldots + \delta_i \ldots + \delta_9) = 1 ,$$

має місце залежність (11).

Співвідношення (11) відіграє важливу роль при розв'язанні конкретних задач, виконуючи функцію процесу перенесення загальних екстремальних дорожніх умов на широке коло окремих випадків забезпечення дорожніми елементами безпеки руху транспорту й пішоходів.

За фактичними даними про ДТП на 1149 ділянках і місцях їх скупчення до здійснення комплексів заходів, спрямованих на покращання дорожніх умов $\bar{m}$ = 4,939077, а відносні значення ДТП δ_i наведено в таблиці.

За даними таблиці,

$$\delta_i = \frac{z_i}{z}, \tag{12}$$

де z_i – абсолютна кількість ДТП *i*-го виду;

z – абсолютна загальна кількість ДТП.

Фіксоване значення в (9-10) при розв'язанні задач забезпечення і підвищення безпеки руху транспорту і пішоходів набуває різного фізичного змісту [6-7]. Воно може характеризувати геометричні розміри елементів доріг, відстань розміщення елементів обладнання доріг по відношенню до кромки покриття, відстань до різних перешкод на дорогах, розміри дефектів на покриттях тощо.

Таблиця 3

Розподіл ДТП за їх видами

Вид ДТП, i	Кількість ДТП		Вид ДТП, i	Кількість ДТП	
	Абсолютна z_i, одиниць	Відносна δ_i, долі одиниці		Абсолютна z_i, одиниць	Відносна δ_i, долі одиниці
Зіткнення	2231	0,3931	на велосипедиста	357	0,0590
Перевертання	860	0,1516	на гужовий транспорт	27	0,0048
Наїзди:			на тварину	15	0,0027
на стоячий транспортний засіб	249	0,0438	Інші пригоді	214	0,0376
на перешкоду	350	0,0617	Сума z =5675		1,000
на пішохода	1394	0,2457			

Залежно від розв'язання конкретних практичних задач $l_ф$ наповнюється конкретним фізичним змістом, а моделі (9-10) служать об'єктивною науковою базою розв'язання задач удосконалення управління безпекою руху покращанням дорожніх умов [7] при експлуатації доріг та на стадії розробки проектних рішень.

Створені моделі (9-10) є доповненням одна до одної. Фізичний їх зміст полягає в тому, що по моделі (9) оцінюються імовірності виникнення ДТП, а по моделі (10) – імовірності запобігання ДТП.

1. Дорожные условия и безопасность движения: В.Ф. Бабков. — М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Организация дорожного движения: учебник для вузов /Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., пераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 231 с.
3. Организация и безопасность движения: В.И. Коноплянке – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.
4. Автомобильные потоки и окружающая среда: В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, М.В. Яшина. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 646 с.
5. Методы оценки эффективности мероприятий по повышению транспортных качеств дорог и безопасности движения: под ред. В.Ф. Бабкова. – М.: Высш. шк., 1971. – 176 с.
6. Имитационное моделирование транспортных потоков в проектировании дорог: В.В. Сильянов, В.М. Еремин, Л.И. Муравьева. – М. : Изд-во МАДИ, 1981. – 119 с.
7. Справочник по безопасности дорожного движения: пер. с норв. /Р. Эльвик, А.Б. Мюсен, Т. Ваа; под ред. В.В. Сильянова. – М. : Изд-во МАДИ (ГТУ), 2001. – 754 с.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2014

УДК 624.012

О.А.Ужегова, М.І.Оліферук, С.В.Ротко
Луцький національний технічний університет

ДО РОЗРАХУНКУ НА МІЦНІСТЬ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТАВРОВОГО ПРОФІЛЮ

У статті наведені деякі положення розрахунку на міцність нормальних до поздовжньої осі перерізів залізобетонних елементів таврового профілю з урахуванням деформаційної моделі, відповідно до чинних будівельних норм України, гармонізованих до Eurocode-2.

Ключові слова: *залізобетонні елементи, міцність, розрахунок, нормальні перерізи, деформації.*
Рис 7. Табл 1. Літ 13

О.А.Ужегова, М.И.Олиферук, С.В.Ротко

К РАСЧЕТУ ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ

В статье приведены некоторые положения расчета по прочности нормальных к продольной оси сечений железобетонных элементов таврового профиля с учетом деформационной модели, согласно действующим строительным нормам Украины, гармонизированных с Eurocode-2.

Ключевые слова*: железобетонные элементы, прочность, расчет, нормальные сечения, деформации.*

O.Uzhegova, M.Oliferuk, S.Rotko

TO CALCULATE THE STRENGTH OF NORMAL CONCRETE ELEMENTS SECTIONS TEE PROFILE

This article contains some theses of strength normal to the longitudinal axis of the cross section reinforce-concrete elements with t-shaped profile considering deformation model, in accordance with the applicable building codes of Ukraine, harmonized to Eurocode-2.

Calculation of reinforced concrete structures for load bearing capacity when exposed to bending moment is made based on the calculation model of the normal section of the deformation method. For a criterion appearances of the limit state are adopted achieving deformations of compressed concrete or stretched reinforcement in cross section of the boundary values of relative deformations ε_{cu} and ε_{su} . The calculation is made on the basis of the equations of equilibrium external and internal forces in the normal section, the deformation conditions of normal cross section diagrams of concrete and reinforcement.

Keywords: *reinforced concrete elements, strength calculation, normal-section, deformation.*

Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій виконують за граничними станами, забезпечуючи надійність будівель та споруд протягом усього періоду експлуатації відповідно до ДБН В.1.2-14 [2]. Характеристичні значення навантажень і впливів, коефіцієнтів їх сполучення, коефіцієнтів надійності за навантаженням, коефіцієнтів надійності за відповідальністю будівель та споруд, а також поділ навантажень на постійні та змінні (тривалі та короткочасні) визначають за ДБН В.1.2-2 [3].

Для забезпечення вимог безпеки конструкції повинні мати такі початкові властивості, щоб з необхідним ступенем надійності для різних розрахункових ситуацій у процесі будівництва і експлуатації будівель та споруд була виключена можливість руйнування будь-якого характеру або порушення експлуатаційної придатності, пов’язаних із завданням шкоди для життя або здоров’я людини, майна або навколишнього середовища.

Для забезпечення вимог експлуатаційної придатності конструкції повинні мати такі початкові властивості, щоб з необхідним ступенем надійності для різних розрахункових ситуацій не утворювалися або надмірно не розкривалися тріщини, не виникали надмірні переміщення, коливання та інші пошкодження, які ускладнюють нормальну експлуатацію (порушення вимог комфорту щодо перебування людей, до зовнішнього вигляду конструкції, технологічних вимог за умов нормальної роботи обладнання, механізмів, конструктивних вимог щодо спільної роботи елементів та інших проектних вимог).

Для забезпечення вимог довговічності конструкції повинні мати такі початкові властивості, щоб у встановлений строк експлуатації задовольняти вимоги безпеки та

©О.А.Ужегова, М.І.Оліферук, С.В.Ротко

експлуатаційної придатності з урахуванням впливу на геометричні характеристики конструкцій та механічні властивості матеріалів різних розрахункових впливів (тривала дія навантаження, несприятливі кліматичні та технологічні умови, зміна температури та вологості, змінне заморожування та відтавання, агресивні впливи тощо).

При проектуванні надійність бетонних і залізобетонних конструкцій встановлюють згідно з напівімовірнісним методом розрахунку шляхом використання розрахункових значень навантажень і впливів, розрахункових характеристик бетону і арматури, які визначають за допомогою відповідних коефіцієнтів надійності до характеристичних значень цих величин з урахуванням рівня відповідальності будівель та споруд.

Розрахунок бетонних та залізобетонних конструкцій виконують за граничними станами першої та другої груп. Перша група містить у собі граничні стани, настання яких призводить до повної непридатності конструкції для експлуатації. Друга група містить у собі граничні стани, настання яких ускладнює нормальну експлуатацію конструкцій або призводить до скорочення встановленого строку служби.

Як основний метод розрахунку бетонних і залізобетонних конструкцій використовують метод перерізів (нормальних та похилих) з урахуванням властивостей матеріалів.

Зусилля, напруження, деформації від зовнішніх навантажень та впливів навколишнього середовища в бетонних і залізобетонних конструкціях та в системах будівель та споруд визначають за загальними правилами будівельної механіки з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності роботи конструкції у системі.

У статично невизначених конструкціях враховують перерозподіл зусиль в елементах системи внаслідок нелінійних деформацій бетону і арматури та процесів утворення тріщин.

Розрахунки за граничними станами конструкції в цілому, а також окремих її елементів необхідно, як правило, виконувати для всіх стадій: виготовлення, транспортування, зведення та експлуатації; при цьому розрахункові схеми повинні відповідати реальній роботі конструкцій та прийнятим конструктивним рішенням.

Розрахунок бетонних і залізобетонних конструкцій [9, п. 2.2.1] за граничними станами першої групи містить у собі:

- розрахунок за вичерпанням несучої здатності (за міцністю) в результаті можливих видів руйнування (крихке, в'язке або руйнування від утоми або іншого характеру), включаючи руйнування при спільній дії зовнішніх навантажень та несприятливому впливі навколишнього середовища (періодичному або постійному впливі агресивного середовища, навперемінного заморожування та відтавання, дії пожежі тощо);
- розрахунок за витривалістю як для руйнування, яке має характер втоми при багаторазовому або малоцикловому навантаженні;
- розрахунок за стійкістю форми (для гнучких тонкостінних і подібних конструкцій) та положення (у разі перекидання, ковзання, спливання тощо).

Введення в дію з 1 червня 2011 року "ДБН В.2.6.-98:2009. Конструкції будівель та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" та "ДСТУ Б.В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування", які відповідають європейським нормам Eurocode 2, внесло зміни в методики виконання розрахунків з визначення міцності нормальних перерізів згинальних елементів, а також перевірки залізобетонних конструкцій за 2-ю групою граничних станів. Нові будівельні норми є прогресивним кроком: вони передбачають проектування залізобетонних елементів і конструкцій на основі нелінійного деформування матеріалів, яке більш точно відображає фактичну роботу елементів, але це певною мірою змінює розрахунковий процес [10, с. 46].

У нових нормах є суттєві відмінності від попереднього СНиП, так введені нові позначення фізико-механічних характеристик матеріалів та розрахункових параметрів перерізів; при заміні криволінійної епюри напружень у стиснутій зоні бетону висотою x на розрахункову прямокутну використані коефіцієнти λ та η.

У загальному випадку для визначення несучої здатності, кривини, переміщень, перерозподілу зусиль у статично невизначених конструкціях необхідно виходити з напружено-деформованого стану перерізів залізобетонних елементів, визначеного на основі використання нелінійної діаграми "напруження-деформації" [9, п. 3.1.4] (рис. 1).

При проектуванні поперечних перерізів користуються спрощеною [9, п. 3.1.6] розрахунковою білінійною діаграмою σ_c - ε_c (рис. 2).

При розрахунку залізобетонних елементів у якості розрахункової діаграми стану деформування арматури, яка встановлює зв'язок між напруженнями і відносними деформаціями арматури приймають дволінійну діаграму [8, п.3.2.1]. Холоднодеформована арматура класу В500 для забезпечення надійності конструкцій умовно віднесена до арматури, що має фізичну границю текучості.

Діаграми стану арматури при розтягу і стиску приймають однаковими.

При розрахунку згинальних елементів на міцність досить часто доводиться дійсний складний переріз (коробчастий, з круглими порожнинами, з овальними порожнинами, П-подібний) зводити до спрощеного еквівалентного розрахункового, який найчастіше має форму тавра з полицею у стиснутій зоні або двотавра.

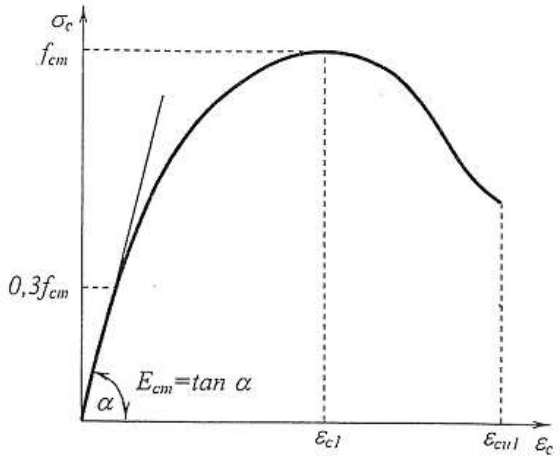


Рис. 1 – **Діаграма "напруження-деформації" бетону (*дійсна залежність*)**

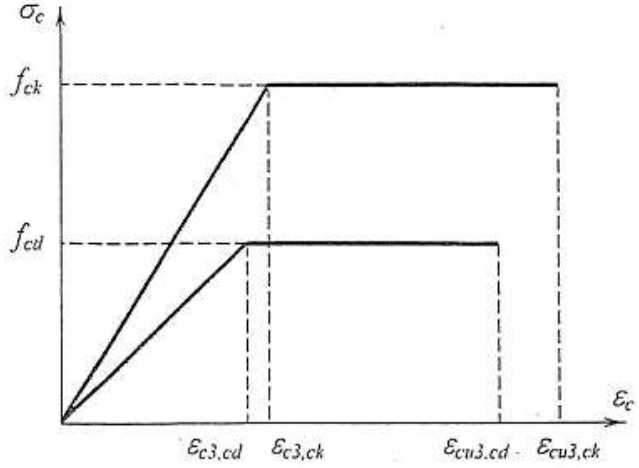


Рис. 2 **Діаграма "напруження-деформації" бетону (*спрощена дволінійна залежність*)**

Розрахунковий тавровий профіль мають також елементи монолітного ребристого балкового перекриття: головні та другорядні балки, що працюють спільно з плитою, яка на них опирається і монолітно зв'язана.

У таврових балках робоча ширина полиці [9, п. 5.3.2.1], яка враховується у розрахунках, залежить від розмірів стінки і полиці, виду навантаження, прольоту, умов опирання, поперечної арматури. Робочу ширину полиці необхідно враховувати на відстані l_o між точками балки з нульовими моментами, які можна приблизно визначити за рис. 3.

Робочу ширину полиці b_{eff} балки таврового профілю визначають (рис.4) за формулою:

$$b_{eff} = \Sigma\, b_{eff,\,i} + b_w \ , \qquad (1)$$

за таких умов: $l_3 \le 0{,}5\, l_2$; $l_1 : l_2 : l_3 = 0{,}6 \ldots 1{,}5$,
де $b_{eff,\,i} = 0{,}2\, b_i + 0{,}1\, l_o \le 0{,}2\, l_o$; $b_{eff,\,i} \le b_i$.

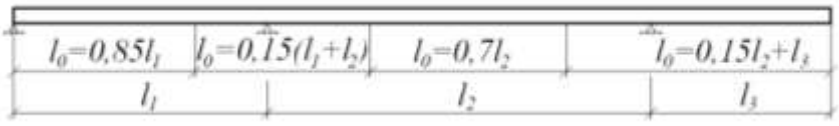


Рис. 3**. До визначення відстані l_o**

©О.А.Ужегова, М.І.Оліферук, С.В.Ротко

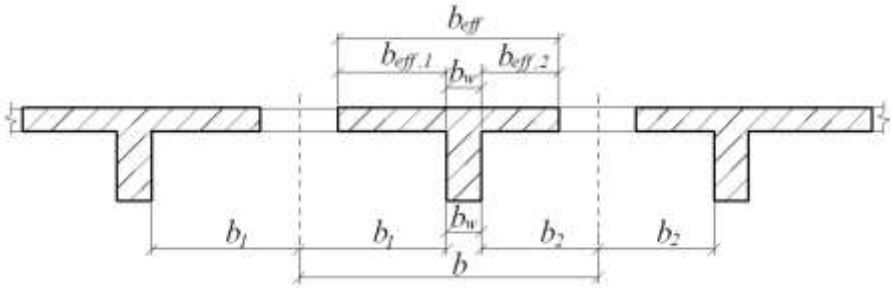


Рис. 4. **Характеристики робочої ширини полиці**

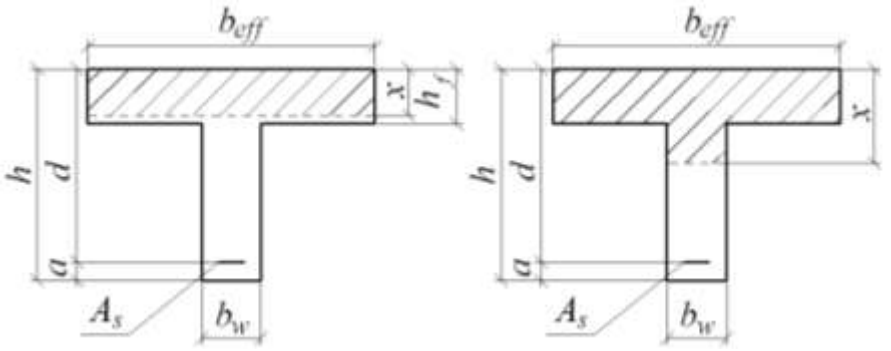
Кожного разу, розпочинаючи розрахунок нормальних перерізів таврових профілів, визначають, де проходить нейтральна вісь: у полиці тавра, чи у ребрі (рис. 5).

Положення нейтральної осі визначають, порівнюючи розрахунковий згинальний момент M з моментом M_f, який може сприйняти полиця тавра, вважаючи її цілком стиснутою при $x = h_f$ (момент M_f записано відносно осі, що проходить через центр ваги розтягнутої арматури):

$$M_f = b_{eff} h_f f_{cd} (d - 0{,}5h_f) . \quad (2)$$

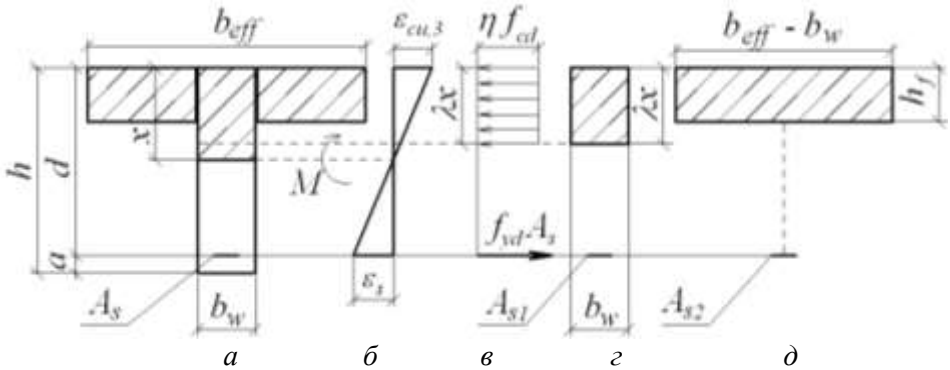
Якщо $M \le M_f$, то $x \le h_f$ і нейтральна вісь знаходиться у полиці. Розрахунок ведуть як для елементів прямокутного профілю.

Коли ж умова не виконується, тобто $M > M_f$, то нейтральна вісь проходить у ребрі. У цьому випадку тавровий переріз розбивають на два прямокутних блоки (рис. 6).



а *б*

Рис. 5. **Положення нейтральної осі в перерізах таврового профілю: *а* – нейтральні вісь у межах полиці тавра; *б* – нейтральна вісь у ребрі**



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 6. **До розрахунку елементів таврового профілю: *а* – переріз елемента; *б* – епюра деформацій; *в* – зусилля та напруження у перерізі; *г* – блок ребра перерізу; *д* –блок полиці**

Площа арматури у розтягнутій зоні становить $A_S = A_{S1} + A_{S2}$. Кожен блок разом з відповідною арматурою A_{S1} та A_{S2} сприймає момент M_1 та M_2, а разом $M = M_1 + M_2$.

Момент M_2, який сприймає блок полиці (рис.6, *д*), завжди відомий, його визначають за формулою:

$$M_2 = (b_{eff} - b_w)h_f f_{cd} (d - 0{,}5h_f) . \quad (3)$$

Вираз для визначення M_2 дуже подібний до виразу M_f, тому можна підставити M_f в M_2 і отримаємо:

$$M_2 = M_f(b_{eff} - b_w) / b_{eff} . \quad (4)$$

Необхідна кількість арматури блока ребра перерізу A_{S1} обчислюється:

$$A_{s1} = M_1 / (f_{yd}\zeta d) . \quad (5)$$

Необхідну кількість арматури блока полиці A_{S2} визначають з умови:

$$A_{s2} = M_2 / (d - 0{,}5h_f)f_{yd} . \quad (6)$$

Площа всієї арматури розтягнутої зони становить:

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = M_1 / (f_{yd}\zeta d) + M_2 / (d - 0{,}5h_f)f_{yd} . \quad (7)$$

Момент M_1, який сприймає блок ребра (рис. 6, *г*), становить:

$$M_1 = M - M_2. \quad (8)$$

Якщо $0{,}8x < h_f$, то приймають $0{,}8x_R = h_f$, $z_R = d - 0{,}5h_f$ і площу арматури A_S визначають як для прямокутного профілю шириною b_{eff}.

Відповідно до наведених теоретичних викладок з урахуванням [11], виконано практичний розрахунок плити перекриття за такими вихідними даними $M = 40{,}5$ кНм; $b_w = 206$ мм; $b_{eff} = 1160$ мм; $h = 220$ мм; $h_f = 31$ мм. Міцнісні характеристики бетону $f_{cd} = 14{,}5$ МПа та арматури $f_{yd} = 225$ МПа; $\rho_{max} = 4$%.

1. $d = h - a = 220 - 15 = 205$ мм;
2. $M_f = b_{eff}h_f f_{cd} (d - 0{,}5h_f) = 1160 \cdot 31 \cdot 14{,}5 (205 - 0{,}5 \cdot 31) = 98{,}8$ кНм;
3. $M < M_f$, $x < h_f$;
4. Отже, переріз розраховують за алгоритмом «Послідовність визначення площі розтягнутої арматури прямокутних перерізів з одиничним армуванням» [11, с 26] з шириною стиснутої зони $b = b_{eff} = 1{,}16$ м;
5. $\alpha_m = M / (bf_{cd}d^2) = 40{,}5 \cdot 106 / (1160 \cdot 14{,}5 \cdot 205^2) = 0{,}057$;
6. При $\alpha_m = 0{,}057$ коефіцієнти [11, с 72] $\zeta = 0{,}97$, $\xi = 0{,}074$;
7. $\xi_R = 3{,}1 / (3{,}1 + 1{,}07) = 0{,}743$;
8. $\xi < \xi_R$, $\zeta = 0{,}95$;
9. $A_s = M / (f_{yd}\, d\, \zeta) = 40{,}5 \cdot 106 / (225 \cdot 205 \cdot 0{,}95) = 925{,}17$ мм^2.
10. Приймають $4\varnothing 18$ А240С; $A_s = 1018$ мм^2.
11. $\rho_{min} = 0{,}13\% < \rho = 1018 \cdot 100\% / (1160 \cdot 205) = 0{,}43\% < 4\%$.
12. $A_{s,min} = 0{,}13 \cdot 1160 \cdot 205 / 100\% = 309{,}14$ мм$^2 < A_s = 1018$ мм^2.

На відміну від методу, що використовується в Київському національному технічному університеті (КНУБА) [11], у Національному університеті водного господарства і природокористування (НУВГП, м. Рівне) [1] приймається граничне значення відносних деформацій в арматурі $\varepsilon_{c0} = f_{yd} / E_s$. Вводяться коефіцієнти k_1 і k_2, що залежать від деформаційних характеристик бетону та арматури (тобто від класу бетону та класу арматури) і є інваріантними стосовно інших характеристик поперечного перерізу [1, с. 209].

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів k_1 та k_2 для залізобетонних елементів з бетону класу С20/25

Відношення $\varepsilon_c / \varepsilon_{c1,cd}$	Клас арматури					
	А240С		А400С		А500С	
	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
0,1	0,0162	0,0169	0,0104	0,0107	0,0081	0,0083
0,2	0,0515	0,0558	0,0349	0,0368	0,0279	0,0290
0,3	0,0940	0,1052	0,0666	0,0718	0,0542	0,0575
0,4	0,1376	0,1584	0,1011	0,1113	0,0836	0,0903
0,5	0,1793	0,2116	0,1357	0,1525	0,1139	0,1252
0,6	0,2175	0,2627	0,1690	0,1935	0,1436	0,1605
0,7	0,2516	0,3104	0,2000	0,2331	0,1719	0,1952
0,8	0,2816	0,3543	0,2282	0,2706	0,1982	0,2284

0,9	0,3074	0,3941	0,2534	0,3055	0,2222	0,2599
1	0,3294	0,4298	0,2757	0,3377	0,2438	0,2893
1,1	0,3478	0,4616	0,2951	0,3670	0,2630	0,3164
1,2	0,3630	0,4895	0,3117	0,3935	0,2797	0,3412
1,3	0,3751	0,5138	0,3257	0,4172	0,2942	0,3637
1,4	0,3845	0,5348	0,3373	0,4381	0,3065	0,3839
1,5	0,3914	0,5525	0,3465	0,4564	0,3166	0,4018
1,6	0,3960	0,5672	0,3535	0,4721	0,3247	0,4174
1,7	0,3983	0,5790	0,3584	0,4853	0,3308	0,4308
1,8	0,3985	0,5879	0,3612	0,4960	0,3350	0,4421
1,9	0,3967	0,5942	0,3621	0,5044	0,3373	0,4511
2	0,3930	0,5978	0,3611	0,5103	0,3378	0,4579

При попередніх вихідних даних $M = 40,5$ кНм; $b_w = 206$ мм; $b_{eff} = 1160$ мм; $h = 220$ мм; $h_f = 31$мм. Міцнісні характеристики бетону $f_{cd} = 14,5$ МПа та арматури $f_{yd} = 225$ МПа; віддаль від центра ваги арматури до нижньої грані балки $a = 1,5$ *см.*

1. $d = h - a = 220 - 15 = 205$ *мм;*
2. $k_1 = M_{Ed} / (f_{cd}\, b\, d^2) = 40,5 / (14,5 \cdot 1160 \cdot 2052) = 0,05735;$
3. Значення k_1 не виходить за межі таблиці, тому немає потреби змінювати висоту балки *h*. З таблиці 1 [1, с 209] за інтерполяцією визначили залежно від $k_1 = 0,05735$ коефіцієнт $k_2 = 0,0626$.
4. Необхідну площу арматури визначають за формулою
5. $A_s = M_{Ed} / (f_{yd} d k_1 / k_2) = 40,5 / (225 \cdot 205 \cdot 0,05735 / 0,0626) = 960,2$ *мм*^{2}.
6. Приймаємо $4\varnothing 18$ *А240С;* $A_s = 1018$ *мм*^{2}.

Для порівняння виконано ще третій розрахунок – за СНиП, дія якого уже скасована. Результати (площа перерізу робочої поздовжньої арматури $A_s = 906,1$ *мм*^{2}) виявилися дуже близькими.

Отже, незважаючи на зміни у нормативних документах та різні підходи до методики розрахунку, робота перерізів залізобетонних елементів не змінилася

Розрахунок залізобетонних конструкцій за несучою здатністю при дії згинального моменту виконано на основі розрахункової моделі нормального перерізу з використанням деформаційного методу. За критерій появи граничного стану прийнято досягнення деформаціями стиснутого бетону або розтягнутої арматури у перерізі граничних значень відносних деформацій ε_{cu} та ε_{su} . Розрахунок виконано на основі рівнянь рівноваги зовнішніх та внутрішніх зусиль у нормальному перерізі, умов деформування нормального перерізу, діаграм стану бетону і арматури.

Вивчення нових ДБН В.2.6-98:2009 та ДСТУ Б.В.2.6-156:2010 і опанування нових методик розрахунку є важливим для сучасних студентів та інженерів.

1. Бабич Є.М., Бабич В.Є., Савицький В.В., Гомон П.С. Розрахунок нормальних перерізів залізобетонних балок з одиночним армуванням. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне, 2013. – Випуск 27: – С. 205-211.
2. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 48 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 72 с.
4. ДСТУ 3760-2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. – К: Мінбуд України, 2006. – 20 с.
5. Eurocode-2: Design of concrete structures. – Part 1-1: General rules and rules for building: EN 1992-1-1. – [Final draft, december, 2004]. – Brussels: CEN, – 2004. – 225 p. – Європейський стандарт.
6. Железобетонные конструкции. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Барашикова А. Я. – К.: Вища школа, 1987. – 416 с.
7. Залізобетонні конструкції /За ред. проф. Барашикова А. Я. – К.: Вища школа, 1995. – 592 с.
8. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування / Мінрегіонбуд України: ДСТУ Б В.2.6.-156: 2010 – Чинний від 01.06.11. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. – Національний стандарт України.

©О.А.Ужегова, М.І.Оліферук, С.В.Ротко

9. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення / Мінрегіонбуд України: ДБН В.2.6-98:2009. – Чинні від 01.06.11. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
10. Кочкарьов Д.В., Бабич В.І. Практичний розрахунок залізобетонних елементів на міцність за дії згинального моменту на базі ДБН В.2.6-98:2009// Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб. Вип.103.– Харків: ХНАМГ, 2011. – С.46-57.
11. Мурашко Л.А., Колякова В.М., Сморкалов Д.В. Розрахунок за міцністю перерізів, нормальних та похилих до поздовжньої осі, згинальних залізобетонних елементів за ДБН В.2.6-98:2009. – К.: КНУБА, 2012. – 62 с.
12. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие / Под ред. А.Б.Голышева.– К.: Будівельник, 1990.– 544 с.
13. Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий: /Под ред. Вахненко П.Ф. – К.: Будівельник, 1987. – 424 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2014

©О.А.Ужегова, М.І.Оліферук, С.В.Ротко

УДК 656.13.05

Є.Ю.Форнальчик, В.В.Гілевич
НУ "Львівська політехніка"

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЬ З МАГІСТРАЛЬНИМИ ВУЛИЦЯМИ

Проаналізовано техніко-технологічні параметри перехресть і вулиць, які примикають до них. Встановлено, що причинами утворення надмірних черг ТЗ на магістральних вулицях перед перехрестями є як високі інтенсивності ТП, так і жорсткі світлофорні цикли, особливості структури потоків, у складі яких значна частка вантажних АТЗ і маршрутних автобусів з гранично зношеними двигунами, а також рівність дорожніх покрить.

Ключові слова: *регульоване перехрестя, світлофорний цикл, транспортний потік, рівність дорожнього покриття, інтенсивність руху.*

Рис 1. Табл 3. Форм 8. Літ 15

Е.Ю.Форнальчик, В.В.Гилевич

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ С МАГИСТРАЛЬНЫМИ УЛИЦАМИ

Проанализированы технико-технологические параметры перекрестков и улиц, примыкающих к ним. Установлено, что причинами образования чрезмерных очередей ТС на магистральных улицах перед перекрестками являются как высокие интенсивности ТП, так и жесткие светофорные циклы, особенности структуры потоков, в составе которых значительная доля грузовых АТС и маршрутных автобусов с предельно изношенными двигателями, а также ровность дорожных покрытий.

Ключевые слова: *регулируемый перекресток, светофорный цикл, транспортный поток, ровность дорожного покрытия, интенсивность движения.*

Y. Fornalchyk, V. Hilevych

THE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF CONTROLLED INTERSECTIONS WITH THE MAIN STREETS

Analysis of the technical and technological parameters of intersections and streets adjacent to them (their geometry and condition of road coverings) and traffic light. Found that causes the formation of excessive traffic queues on the main street in front of intersections is as high intensity traffic and traffic lights cycles tough, especially the structure of the flow, which include a large proportion of freight vehicles and buses with much worn engines and inequality road coverings.

Keywords*: controlled intersection, traffic light cycle, traffic flow, equality of pavement, traffic.*

Постановка проблеми. Поряд з позитивним розвитком сучасних технологій на автомобільному транспорті, він з кожним роком створює усе нові проблеми з раціональним використанням часу (своєчасна доставка продукції, пасажирів до місць призначення), які зумовлюють економічні та екологічні збитки. Вузьким місцем на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста є, звісно, перехрестя, довкола якого, як водні хвилі, виникають і поширюються ці проблеми. Очевидно, що повністю уникнути їх неможливо, так само як неможливо стримати безупинний ріст автомобілізації, що є першопричиною цих проблем. Однак, підвищити рівень функціонування перехресть з використанням сучасних програмних продуктів та оригінальних методологічних підходів можливо. Хоча, як свідчать результати останніх досліджень, не завжди вдається враховувати усі впливові чинники, оскільки більшість з них мають переважно стохастичну природу, а також можуть бути суб'єктивними. У цій статті зроблена спроба врахувати, крім поширених, і такі у взаємодії між собою чинники: типи та рівності дорожніх покрить проїжджої частини (ПЧ); структура транспортного потоку з урахуванням технічного стану автотранспортних засобів (АТЗ). З таким підходом можна адекватніше відтворювати технологічний процес проїзду регульованого перехрестя й реально оцінювати його основний параметр – потік насичення (ПН).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Про те, що ці чинники потрібно враховувати при оптимізації тривалості світлофорних циклів свідчить наявність наукових публікацій, у яких вказується на таку потребу. Так, у роботі [9], незадовільний стан проїжджої частини враховується у поправочних коефіцієнтах, на які потрібно помножити потік насичення після

©Є.Ю.Форнальчик, В.В.Гілевич

його розрахунку. Однак невідомо, з якого мінімального значення рівності ПЧ вона починає знижувати значення ПН. Також, на нашу думку, не цілком правильним є те, що різні значення рівності у цій методиці враховуються лише одним коефіцієнтом, значення якого 0,85.

Науковці з Білоруського національного технічного університету конкретніше розглядають вплив рівності ПЧ на значення ПН [3]. У методику розрахунку остатнього, яка відрізняється від вітчизняної, вони внесли коефіцієнт умов руху $K_{ун}$, що є добутком трьох часткових коефіцієнтів, які враховують: коефіцієнт зчеплення колеса автомобіля з поверхнею дороги, $K_{ун1}$; наявність перешкод на ПЧ – нерівності, вибоїни, трамвайні або залізничні рейки тощо, $K_{ун2}$; підйоми та спуски, $K_{ун3}$. Значення коефіцієнта $K_{ун2}$ наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Значення часткового коефіцієнта умов руху $K_{ун2}$

Оціночний параметр	Розрахункове значення					
Нерівності на ПЧ	h, мм	Тип нерівностей	10-20	20-50	50-100	>100
	$K_{ун2}$	поодинокі	1,0	1,2	1,5	2,0
		такі, що повторюються	1,05	1,3	1,6	2,1

У роботі [5] показано, що під час перетину трамвайних колій на перехресті з асфальтобетонним покриттям у незадовільному стані водії знижують швидкість до 20-30 км/год. При цьому інтенсивність потоку насичення, порівняно з перехрестям з ґумовокордовим покриттям трамвайного переїзду, знижується на 15%. У розробленій моделі проїзду регульованого перехрестя враховується також структура транспортного потоку (ТП) автомобілів різних типів (легкові, вантажні, автобуси). Модель побудована з використанням серйозного математичного апарату та клітинкових автоматів, що обмежує сферу її застосування без використання потужної комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення.

Про те, що в оптимізації світлофорних циклів потрібно враховувати технічний стан АТЗ ідеться у статті [4], у якій регульоване перехрестя представлене одноканальною системою масового обслуговування. Однак результати розрахунків тривалості руху АТЗ через перехрестя отримані лише з урахуванням його габаритних розмірів і тягових властивостей.

Спроби врахувати технічний стан АТЗ при оптимізації тривалості світлофорних циклів робили й українські науковці. Колесніков О.Є. у своїй роботі [8] визнає випадковий характер формування транспортного потоку та технічні характеристики АТЗ і визначає швидкість, час та розташування першого автомобіля після вмикання зеленого сигналу за формулами:

$$V = \frac{V_{\max}}{1 + D \cdot e^{-r \cdot t}}, \tag{1}$$

$$\tau_1 = \begin{cases} 0, & якщо \quad t \le \Delta T \\ t - \Delta T, & якщо \quad t > \Delta T \end{cases}, \tag{2}$$

$$S_1 = S_{01} + \int_0^{\tau} V_1 d\tau, \tag{3}$$

де $V_{\max}$ – максимальна швидкість руху різних марок автомобілів, м/с; $D = \frac{V_{\max} - V_0}{V_0}$; V_0 – початкова швидкість, м/с; r – коефіцієнт пропорційності, який залежить від швидкісних властивостей автомобілів, $с^{-1}$; τ_1 – тривалість руху лідируючого автомобіля через перехрестя, с; t – поточний час після включення зеленого сигналу, с; S_1 – положення автомобіля щодо перехрестя в момент часу τ_1, м; $S_{01} = -5$ – початкове положення автомобіля щодо стоп-лінії

перехрестя при $\tau_1 = 0$, м; V_1 – швидкість автомобіля, яка залежить від тривалості розвантаження перехрестя, м/с.

Обмеженням для першого автомобіля є максимально дозволена швидкість руху (в міських умовах – 60 км/год). Всі інші автомобілі чинять опір ТП, оскільки необхідно витримувати інтервал безпеки між АТЗ [8].

В іншій роботі [10] запропоновано визначати ПН з урахуванням складу ТП. Висунена гіпотеза, що значення ПН, розраховане за вітчизняною методикою, потрібно множити на коефіцієнт $K_{сп}$, що враховує наявність різних типів АТЗ у ТП:

$$K_{сп} = \frac{I_{ла}}{I_{ср}^{тп}}, \tag{4}$$

тут $I_{ла}$ – сталий інтервал роз'їзду легкових автомобілів з черги в перетині стоп-лінії, с; $I_{ср}^{тп}$ – середній сталий інтервал роз'їзду потоку АТЗ з черги в перетині стоп-лінії, с:

$$I_{ср}^{тп} = \sum \rho_i \rho_j I_{ij}, \tag{5}$$

де ρ_i, ρ_j – фактичні ймовірності появи АТЗ *i*-го та *j*-го типу в ТП (визначається за даними обліку руху або задається складом руху); I_{ij} – сталий інтервал роз'їзду АТЗ з черги в перетині стоп-лінії, *i*-го типу за *j*-тим, с.

Основним недоліком цього методу розрахунку є те, що в ньому не враховується технічний стан АТЗ, адже автомобілі одного типу можуть мати різні тягово-швидкісні та розгінні характеристики залежно від терміну служби, кумулятивного пробігу чи умов експлуатації [12, 14].

Якщо розглядати іноземні наукові публікації, присвячені врахуванню технічного стану ПЧ та учасників руху на показники, які використовують в оптимізації світлофорних циклів, то можна відзначити лише американську методику розрахунку інтенсивності ПН, наведену в HCM 2000 [1]. Тут використовується поняття ідеального ПН, рівного 1900 авт./год на смугу руху. Фактична інтенсивність ПН, скоригованого для місцевих умов, визначається з урахуванням коефіцієнтів:

$$S = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}, \tag{6}$$

де S_0 – інтенсивність ідеального потоку насичення; N – кількість смуг руху; $f_w ... f_{Rpb}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно: ширину смуги руху; склад потоку; ухил на підході до перехрестя; паркування; перешкоди, що створюються зупинками громадського транспорту; тип території; використання смуг руху; ліві та праві повороти; пішохідний рух при лівому повороті; пішохідний та велосипедний рух при правому повороті.

Відсутність досліджень на предмет виявлення впливу рівності дорожнього полотна на основні показники ТП у іноземній літературі можна пояснити тим, що за кордоном будівництво та поточний ремонт вулиць і доріг підтримується на високому технологічному рівні і як наслідок – цей показник не входить у розрахунки світлофорних циклів. Це ж саме можна сказати про відсутність впливу технічного стану АТЗ.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. З наведеного видно, що для ВДМ міст середніх розмірів та з історичною забудовою з відомим станом дорожніх покрить та невисоким рівнем технічного стану АТЗ (особливо вантажних та автобусів) залишається актуальною оптимізація світлофорних циклів з урахуванням, крім інтенсивностей ТП та їх структури, таких чинників як нерівності ПЧ та зношеність АТЗ.

Мета дослідження: а) виконати докладні обстеження проблемних перехресть з магістральними вулицями з аналізом геометричних параметрів їх у плані та виміряти дефекти, щодо рівності покрить (довжина перехрестя в магістральному напрямку з шириною вулиці цього напрямку; тип покриття ПЧ та його фактична рівність; наявність трамвайних колій з

надмірними виступами головок рейок); б) натурними дослідженнями оцінити технологічні параметри проїзду їх (тривалість світлофорного циклу, сумарна інтенсивність руху в магістральному напрямку, структура транспортного потоку, середні швидкість та тривалість проїзду)

Основні результати дослідження. У попередніх публікаціях [12-15] розрахунками та експериментами встановлено зміну показників інтенсивності ТП, який проїжджає перехрестя з різними дорожніми покриттями та їх якістю, а також зміну показників тягової динамічності (розгінної швидкості) АТЗ залежно від ступеня зношеності їх двигунів. Ці чинники, залежно від їх поєднань, безпосереднім чином впливають на зниження потоків насичення на регульованих перехрестях. З метою встановлення кількості наявних регульованих перехресть, на яких може спостерігатися такий вплив проаналізовано усі регульовані перехрестя м. Львова на предмет встановлення впливу на затримки АТЗ геометричних параметрів їх у плані та стану дорожніх покрить, а також режимів роботи світлофорних об'єктів.

У місті, з загальною протяжністю ВДМ 580 км, нараховується 137 регульованих перехресть. З них 23 мають адаптивні світлофорні цикли (16,8 %), а 11 перехресть (на трьох магістральних вулицях) координовані в режимах «зеленої хвилі». Ці перехрестя у досліджені не брались до уваги, оскільки зміна тривалості світлофорного циклу відбувається, залежно від інтенсивності ТП з урахуванням ранішніх і вечірніх піків. Цим мінімізуються черги і затримки АТЗ перед перехрестями.

Перехрестя із жорстким циклом регулювання цього не забезпечують і перед ними створюються (особливо у пікові періоди) надмірні черги та затримки у русі ТП. Однак, чи на перехрестях з адаптивним, чи із жорстким регулюванням є такі геометричні параметри та стани покрить, які сприяють зниженню ПН. Крім цього, через такі перехрестя проїжджають ТП із структурою, у якій значна частка маршрутних автобусів і вантажних автомобілів (особливо зі зношеними двигунами), що також долучаються до зниження інтенсивності проїзду перехресть.

Оскільки найскладніші ситуації з проїздом перехресть з жорстким циклом регулювання можуть виникати саме на них, то в цьому досліджені приділялася увага саме їм. Серед них особливої уваги заслуговують ті, які мають основний магістральний потік з високою інтенсивністю. Досліджувались у першу чергу довжини таких перехресть у магістральному напрямку, ширини усіх вулиць, які утворюють ці перехрестя, типи та рівності дорожніх покрить, наявність тролейбусних ліній та трамвайних колій. Обстеженням рівності різних типів дорожніх покрить на цих перехрестях, виявлено (особливо для тих, які утворюються магістральними вулицями, на яких асфальтобетонне покриття, а безпосередньо на перехресті з бруківчастим (рис. 1а)) велику кількість вибоїн та напливів. До цих дефектів додаються значні виступи головок рейок трамвайних колій (рис. 1б).

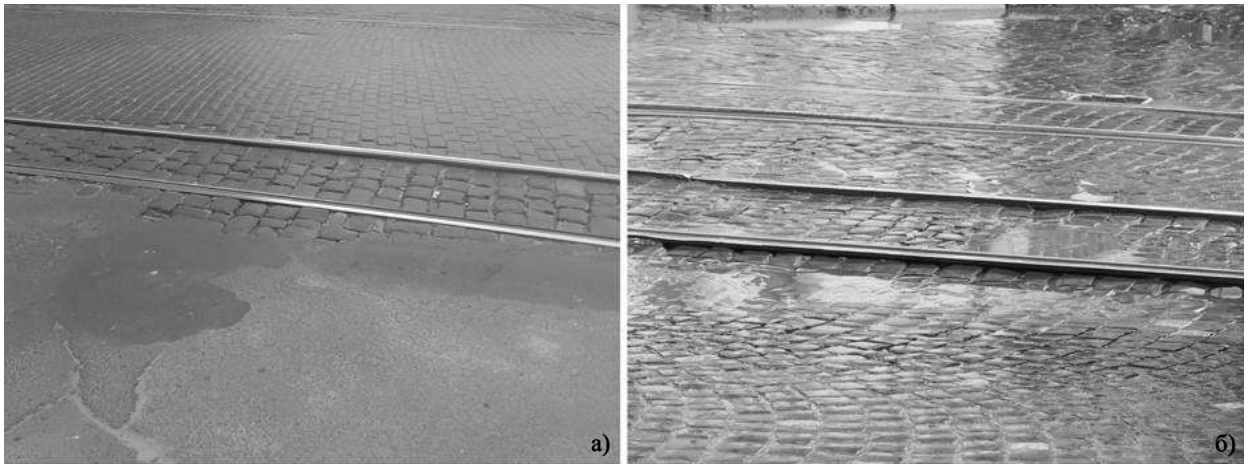


Рис. 1. **Приклади дефектів дорожніх покрить і виступів головок трамвайних колій на перехрестях**

©Є.Ю.Форнальчик, В.В.Гілевич

На підставі докладнішого аналізу 10 з 95 регульованих перехресть з магістральними вулицями, які є особливо проблемними встановлено (табл. 2), що серед усіх перших переважають Х-подібні з довжинами в напрямку магістрального потоку від 23,3 до 58,1 м. Ширини вулиць магістрального потоку лежать в межах від 7,2 до 17,8 м; переважають асфальтобетонні покриття. Максимальні нерівності дорожнього покриття, виміряні з використанням 3-метрової рейки [6], лежать в межах від 10 до 60 мм.

Проаналізовано також для цих перехресть (наприклад, для перехрестя вул. Стрийська-Франка-Руставелі) структуру ТП, інтенсивність якого на магістральному напрямку становить 1046 зв. од./год (табл. 3). Розгінні швидкості, виміряні з використанням приладу SPRINT SG-2 [7], становили 11,02 км/год [12]. Тривалість світлофорного циклу становила 70 с. Натурними дослідженнями, з залученням додаткових дослідників та відеозйомки, для цього ж перехрестя виявлено відповідні черги АТЗ (конкретні дані для ранкового і вечірнього «часу-пік»).

З використанням відомої формули Вебстера були розраховані затримки перед перехрестями:

$$d = \frac{T_ц (1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0{,}65\left(\frac{T_ц}{q^2}\right)^{1/3} x^{(2+5\cdot\lambda)}, \qquad (7)$$

де d – середня затримка одного транспортного засобу на перехресті; $T_ц$ – тривалість циклу; λ – ефективна частка фази в циклі регулювання; x – ступінь насичення фази; q – інтенсивність руху за напрямком, який розглядається.

Таблиця 2

Технічні параметри перехресть (геометрія і типи та рівність покрить)

Назва перехрестя	Магістральна вулиця	Геометрія перехрестя		Тип покриття ПЧ магістрал. напрямку до та після перехрестя	Наявність трамвайн. колій (тролейб. ліній) на перехресті	Рівність дорожнього покриття за 3-метровою рейкою, мм	
		Довжина перехрестя в магістрал. напрямку, м	Ширина вулиці магістрал. напрямку, м			фактич.	норматив [11]
вул. Стрийська-Франка-Руставелі	вул. Стрийська	29,30	10,60	б – б – а/б	+ (+)	30*	10
вул. Стрийська-Сахарова	вул. Стрийська	46,90	17,80	а/б – а/б – а/б	- (+)	10	10
вул. Героїв УПА-Бандери	вул. Героїв УПА	31,50	7,60	а/б – б – а/б	+ (+)	50*	10
вул. Антоновича-Бандери	вул. Антоновича	36,30	7,20	а/б – б – а/б	+ (+)	50*	10
вул. Антоновича-Залізняка	вул. Антоновича	23,30	7,20	а/б – а/б – а/б	- (+)	30	10
вул. Пасічна-Вашингтона	вул. Пасічна	52,60	16,90	а/б – а/б – а/б	- (-)	20	10
вул. Варшавська-Тунельна	вул. Варшавська	58,10	15,20	а/б – а/б – а/б	- (-)	30	10
вул. Липинського-Замарстинівська	вул. Липинського	53,20	15,90	а/б – а/б – а/б	+ (-)	10	10
вул. Мазепи-Миколайчука	вул. Мазепи	40,50	10,80	а/б – а/б – а/б	- (+)	20	10
вул. Шевченка-Левандівська	вул. Шевченка	39,60	12,00	б – б – б	+ (-)	60*	10

Примітка: тип дорожнього покриття: а/б – асфальтобетон, б – бруківка; * – виступи рейок над рівнем дорожнього покриття (норматив – 20 мм [2]; фактично в середньому –50 мм).

Таблиця 3

Технологічні параметри проїзду перехресть

Назва перехрестя	Тривалість світлофорного циклу (зеленого сигналу в магістральному напрямку), с	Сумарна інтенсивність руху в магістральному напрямку, зв. од./год	Структура транспортного потоку	Середні швидкість та тривалість проїзду перехрестя першими автомобілями з черги	
				км/год	с
вул. Стрийська-Франка-Руставелі	70 (36)	1046	Л – 88%, В – 8%, А – 2%, Т – 1%, Тр – 1%	11,02	9,57
вул. Стрийська-Сахарова	63 (26)	1344	Л – 80%, В – 16%, А – 3%, Тр – 1%	18,64	9,06
вул. Героїв УПА-Бандери	56 (32)	936	Л – 81%, В – 11%, А – 5%, Т – 2%, Тр – 1%	12,57	9,02
вул. Антоновича-Бандери	59 (28)	1066	Л – 87%, В – 6%, А – 5%, Т – 1%, Тр – 1%	16,17	8,08
вул. Антоновича-Залізняка	43 (28)	954	Л – 87%, В – 6%, А – 6%, Тр – 1%	15,74	5,33
вул. Пасічна-Вашингтона	70 (37)	1234	Л – 81%, В – 13%, А – 6%	19,66	9,63
вул. Варшавська-Тунельна	56 (17)	1520	Л – 59%, В – 39%, А – 2%	20,20	10,37
вул. Липинського-Замарстинівська	70 (40)	2232	Л – 66%, В – 20%, А – 13%, Т – 1%	22,22	8,62
вул. Мазепи-Миколайчука	56 (32)	1610	Л – 63%, В – 24%, А – 11%, Тр – 2%	16,11	9,05
вул. Шевченка-Левандівська	64 (20)	1154	Л – 65%, В – 22%, А – 13%, Т – 1%	12,47	11,43
Примітка: склад ТП: Л – легкові автомобілі, В – вантажні автомобілі, А – автобуси, Т – трамваї, Тр – тролейбуси					

Для цього перехрестя тривалість світлофорного циклу 70 с; ефективна частка в циклі регулювання – 36 с; ступінь насичення фази – 0,76; інтенсивність руху – 1046 зв. авт./год. Отже, розрахункова тривалість затримки – 15,97 с. Фактична середня тривалість затримки, отримана натурними дослідженнями, становила 28,3 с.

Аналогічним чином були розраховані затримки для інших перехресть, крім тих, на яких інтенсивність ТП перевищувала 1200 од./год. На затримки істотно впливали розташування різних АТЗ перед стоп-лінією: якщо першим був вантажний автомобіль або автобус, фактичні значення затримок були значно більшими, ніж розрахункові, що зумовлено низькими їх розгінними швидкостями, порівняно з легковими автомобілями. Цю особливість встановлювали з використанням приладу SPRINT SG-2 [7], який був змонтований у салоні маршрутних автобусів LAZ-183D. Дослідження виконувались у літні вечірні пікові періоди на перших двох перехрестях (див. табл. 2). Результати отримано вимірюванням розгінних швидкостей автобусів V_p з різними кумулятивними пробігами (125,8-161,2 тис. км) упродовж 5 секунд руху через перехрестя. Встановлена лінійна залежність цих швидкостей від посекундної тривалості проїзду t_p [12]:

$$V_p = 3,5711t_p + 0,2205 \ . \qquad (8)$$

Очевидно, що тривалість світлофорного циклу потребує коректування в напрямку збільшення тривалості горіння зеленого сигналу в напрямку руху магістрального потоку з відповідним урахуванням інтенсивності цього потоку у пікові періоди, рівності проїжджих частин по всій довжині (перед, на і після перехрестя), структури його з урахуванням частки громадського транспорту (автобусів, тролейбусів) і вантажних АТЗ та їх зношеності. При цьому у розрахунках тривалості його (світлофорного циклу) повинні братися до уваги не лише коефіцієнти зведення до легкового автомобіля, але і ймовірність наявності їх (маршрутних автобусів, вантажних автомобілів) у ТП та показник, який характеризує їх якість (технічний стан).

Висновки. Отримані результати дослідження техніко-технологічних параметрів перехресть ВДМ міста та особливостей проїзду по них транспортних потоків різної структури свідчать про те, що користуватися в сучасних умовах традиційними методами проектування та

розрахунку показників їх функціонування недоцільно, оскільки вони не у достатній мірі відтворюють реальні ситуації. Неврахування у цих методах типів та станів дорожніх покрить, структури транспортних потоків та технічного стану в них автомобілів призводить до отримання заниженої тривалості горіння дозвільного сигналу на магістральному напрямку і як результат - зростання затримок АТЗ у ньому. Цю оптимальну тривалість можна визначити для різних варіантів поєднань технічного стану дорожніх покрить та рівнів зношеності АТЗ і структур потоків з використанням сучасного програмного продукту VISSIM.

1. Highway Capacity Manual / Washington: TRB, 2000. – 1134 p.
2. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану : ДСТУ 3587-97. – [Чинний від 1997-07-31]. – К. : Держстандарт України, 1997. – 23 с. – (Державний стандарт України).
3. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения / Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 1996. – Часть 2. – 306 с.
4. Голуб Д. И. Метод статистической оптимизации циклов светофорного регулирования / Д. И. Голуб // Вестник Краснояр. гос. техн. ун-та. Вып. 43. Транспорт. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – С. 332-336.
5. Долгушин Д. Ю. Многофакторное моделирование автотранспортных потоков на основе клеточных автоматов: автореф. дисс. … канд. техн. наук: 05.13.18 / Дмитрий Юрьевич Долгушин. – Омск, 2011. – 20 с.
6. Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювання нерівностей основ і покриттів : ДСТУ Б В.2.3-3-2000. – [Чинний від 2000-02-23]. – К. : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 16 с. – (Державний стандарт України).
7. Измеритель динамических характеристик автомобиля Sprint SG-2: руководство пользователя / Авто Тюнинг Группа. – К., 2010. – 56 с.
8. Колесніков О. Є. Моделювання руху сучасних автомобілів через регульовані перехрестя / О. Є. Колесніков // Труды Одесского политехнического университета. – 2006. – Спецвыпуск. – С. 76-79.
9. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 280 с.
10. Малишев А. В. Врахування складу транспортного потоку при визначенні потоків насичення для світлофорного регулювання / А. В. Малишев, О. М. Дудніков, В. В. Нужний // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту – 2010. Вип. 1 (10). – С. 69-75.
11. Технічні правила ремонту та утримання міських вулиць та доріг: КТМ 204 України 010-94. – К.: Держжитлокомунгосп, 1994. – 34 с.
12. Форнальчик Є. Ю. Взаємозв'язок між технічним станом автобусів та їх розгінними швидкостями під час проїзду перехресть / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич // Автошляховик України: науково-виробничий журнал. – К. : ДСАДУ (Укравтодор), 2013. – № 6 (236). – С. 5-7.
13. Форнальчик Є. Ю. Вплив нерівностей дорожніх покрить на швидкість проїзду регульованих перехресть / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич // Праці 10-го міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів, 2011. – С. 326 – 327.
14. Форнальчик Є. Ю. Вплив технічного стану транспортних засобів на динаміку проїзду перехресть / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 3/4 (51). С. 4 – 6.
15. Форнальчик Є. Ю. Вплив швидкості проїзду регульованого перехрестя на інтенсивність потоку насичення / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. В. Гілевич // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Харків : ХНАМГ, 2012. – № 103. – С. 355-366.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2014

©Є.Ю.Форнальчик, В.В.Гілевич

УДК 658.013.3

С.В.Цимбал
Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ ВІДМОВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

В роботі наведені три основні підходи до дослідження і опису потоку заявок на ремонт. Досліджено потік відмов автомобілів в умовах автотранспортного підприємства. Розроблено модель прогнозування потоку відмов транспортних засобів. Наведено чотири основних варіанти тактик управління розподілом заявок по ремонтних постах.

Ключові слова: *потік відмов, транспортний засіб, прогноз,автотранспортне підприємство, несправність, модель.*

Форм 6. Літ 10

С.В.Цымбал

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТОКА ОТКАЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе приведены три основных подхода к исследованию и описанию потока заявок на ремонт. Исследован поток отказов автомобилей в условиях автотранспортного предприятия. Разработана модель прогнозирования потока отказов транспортных средств. Приведены четыре основных варианта тактик управления распределением заявок по ремонтным постам.

S.Tsymbal

RESEARCH AND PROGNOSTICATION OF STREAM OF REFUSES OF TRANSPORT VEHICLES ARE IN THE CONDITIONS OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

Three basic approaches over are in-process brought to research and description of stream of requests on repair. The level of efficiency that is characterized indexes is determined by the degree of organization of control system by the processes of liquidation of disrepairs of cars. The Unstationarity of receipt of previous dataflow finds out negative influence on organization of realization of repair works, on efficiency of operative management his activity. The stream of refuses of cars is investigational in the conditions of motor transport enterprise. It is necessary for any statistical analysis, that analysable information answered the requirements of authenticity, plenitude and homogeneity. The model of prognostication of stream of refuses of transport vehicles is worked out. For a study and prognostication of change of structure of works from permanent repair for in a medium-term prospect will apply the analysis of sentinel rows that contain a seasonal component the inspected busses. Application of the animated models conditioned that in some temporal rows of value of seasonal component shows a soba certain part of value of trend. The value of standard error allows to judge about quality of the got prognosis models on the whole. Four basic variants over are brought tactician of management distribution of requests on repair posts. A task consists in that at the existent material and labour resources of motor transport enterprise to provide organization and management realization of repair of cars in the conditions of market relations and free competition between motor transport enterprises due to the perfect use of previous information about the input stream of requirements.

Постановка проблеми

В сучасних умовах ринкових відносин, коли виникають підприємства різних форм власності, загострюється конкуренція на автомобільному ринку, розширюється надання послуг по обслуговуванню та ремонту рухомого складу, проблема найбільш ефективного функціонування підприємств з максимальним прибутковим ефектом полягає перш за все в удосконаленні самої організації проведення робіт по обслуговуванню і ремонту автомобілів. Рівень ефективності, що характеризується техніко-економічними показниками, визначається ступенем організації системи управління процесами ліквідації несправностей автомобілів.

Однак, в даний час формування різноманітних автотранспортних підприємств здійснюється без врахування впливу взаємозв′язку між потоком вимог та потужністю зони обслуговування заявок. Питання розвитку організації виробництва, обслуговування та ремонту рухомого складу та оптимізації часу обслуговування вирішується без взаємних зв′язків, що призводить до значних диспропорцій в розвитку виробничих потужностей по ділянках та зонах

©С.В.Цимбал

по утриманню рухомого складу в працездатному стані, та до зменшення ефективності роботи самих автотранспортних підприємств.

В зв′язку з поповненням автомобільного парку України автомобілями, що надходять з країн Західної Європи та значним урізноманітненням видів та марок транспорту, набуває росту проблема задоволення потреб в послугах автотранспортних підприємств.

Шляхами вирішення даної проблеми є підвищення ефективності діяльності діючих підприємств при оптимальному використанні трудових, матеріальних та вартісних витрат, організація нових автотранспортних підприємств, функціонування яких повинне забезпечити найбільшу ефективність роботи. Значні резерви ефективності обслуговування автомобілів закладені в організації та управлінні автотранспортними підприємствами. Раціональне використання наявного обладнання та оснастки вкрай необхідне при отриманні підприємством прибутку.

Нестаціонарність надходження попереднього інформаційного потоку виявляє негативний вплив на організацію проведення ремонтних робіт, на ефективність оперативного управління його діяльністю. Це призводить до утворення черг на обслуговування, втрати клієнтів через невиправдане завантаження постів, і, що найважливіше, призводить до простою ремонтних постів, обладнання, робітників, а також знижує якість робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, виникнення відмов і несправностей носить імовірнісний характер, що в свою чергу створює деякі складності з точки зору математичного моделювання. Дослідники використовують три основні підходи до дослідження і опису потоку заявок на ремонт, як для автотранспортних підприємств, так і для станцій технічного обслуговування.

Перший підхід – це звести потік заявок в часі до найпростішого (пуассонівського), тобто задовольняє умовам стаціонарності, ординарності і відсутності наслідків [1-3].

Другий підхід – представити частоту надходження заявок як безперервну випадкову величину. Тоді завдання отримання математичного опису процесу зводиться до визначення теоретичного закону розподілу, який найкращим чином описує дослідні дані. Потрібно відзначити, що такий підхід дозволяє досить легко і точно враховувати особливості потоку відмов і його стохастичний характер в кожному конкретному випадку. Втім, отриманий таким шляхом математичний опис має обмеження по застосуванню у складанні формалізованого опису роботи досить складних багатоелементних систем. Це пов'язано з тим, що тут можливо їх моделювання лише за ретроспективний період, протягом якого відбувався збір статистичних даних. При цьому не можна врахувати чи змінюється в часі загальна кількість звернень в систему, що викликає необхідність проведення нових досліджень у разі будь-якої зміни закономірностей.

Третій підхід – звести імовірнісні процеси до детермінованих залежностей, отриманих на підставі вивчення дослідних даних за певний період. Даний спосіб найбільш трудомісткий, оскільки пов'язаний з обробкою великого обсягу вихідної інформації, проте він дозволяє легко адаптувати отримане математичний опис при зміні чисельності або структури парку, його старінні або оновленні.

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування автотранспортного підприємства за рахунок раціонального використання виробничих потужностей і найбільш повного задоволення потреб клієнтів в обслуговуванні за результатами дослідження та прогнозування потоку відмов транспортних засобів.

Основні результати дослідження

Основним завданням даного статистичного дослідження є визначення об'єктивних закономірностей розвитку процесів, що протікають в зоні поточного ремонту в умовах комплексного пасажирського автотранспортного підприємства на основі вивчення динамічної інформації – вхідного потоку відмов автобусів. Часовий ряд – це послідовність значень досліджуваної величини, кожне значення якої містить в собі минуле для наступних станів. Моделі, побудовані на основі аналізу часових рядів, дозволяють застосовувати математико-статистичні методи для опису закономірностей функціонування реальних систем. Для отримання досить точних і надійних прогнозів необхідно детально вивчити даний стан явища або процесу [4]. Для будь-якого статистичного аналізу необхідно, щоб аналізована інформація

відповідала вимогам достовірності, повноти і однорідності [5]. У нашому випадку, стосовно до вхідного потоку відмов об'єднаємо для подальшого розгляду в групи роботи, схожі за використанням технологічного устаткування, трудомісткістю виконання, або кваліфікацією виконавців. У контексті виконуваної роботи, з урахуванням поданої вище типізацією постів поточного ремонту, найрозумніше використовувати стандартну класифікацію [6]:

1 - поточний ремонт і заміна двигунів;

2 - заміна та регулювання вузлів (дрібні зварювальні та слюсарно-механічні роботи, оббивні і кузовні роботи, що вимагають середньої кваліфікації виконавців);

3 - заміна агрегатів і вузлів трансмісії;

4 - заміна приладів електрообладнання;

5 - заміна та регулювання приладів системи живлення;

6 - заміна вузлів і деталей ходової частини;

7 - заміна та перестановка коліс;

8 - ремонт гальмівної системи;

9 - заміна та регулювання вузлів рульового керування, регулювання кутів встановлення коліс;

10 - заміна деталей кабіни і кузова;

11 - інші роботи, що виконуються на універсальних постах (до цієї групи віднесені заїзди, коли роботи з поточного ремонту проводяться по трьом і більше технологічно різнорідними системам автомобілів).

Крім того, для отримання більш детального опису розподілу частот тривалості простою в поточному ремонті визначаються диференційовано для кожної з досліджуваних марок автобусів.

На основі аналізу первинної документації підприємства за 2007-2012 роки отримано фактичну кількість ремонтних впливів за кожен місяць відповідно до зазначеної класифікації. Для вивчення та прогнозування зміни структури робіт з поточного ремонту по обстеженим автобусам в середньостроковій перспективі застосуємо аналіз часових рядів, що містять сезонну компоненту.

Розрахунки за даною методикою можуть бути проведені за адитивної і мультиплікаційної моделі [7,8]. Адитивна модель прогнозу має вигляд:

$$y_t^* = y_t + s_t + e_t \qquad (1)$$

де y_t^* - прогнозовані значення часового ряду; y_t - середнє значення прогнозу (тренд); s_t - складова прогнозу, що відображає періодичні сезонні коливання; e_t - випадкова величина відхилення прогнозу, обумовленого стохастичним характером процесу.

Застосування мультиплікаційних моделей обумовлено тим, що в деяких тимчасових рядах значення сезонної компоненти являє собою певну частку трендового значення. Ці моделі можна представити формулою:

$$y_t^* = y_t \times I_s + e_t, \qquad (2)$$

де I_s - коефіцієнт, що враховує сезонні коливання.

На практиці відрізнити адитивну модель від мультиплікативної можна за величиною сезонної варіації. Відомо, що адитивної моделі властива практично постійна сезонна варіація (незмінний парк автобусів), тоді як у мультиплікативної вона зростає або убуває (списання або поповнення парку), графічно це виражається в зміні амплітуди коливання сезонного чинника в ту чи іншу сторону. Методика включає в себе наступні етапи:

1. Визначення структури сезонних коливань і періоду цих коливань. При аналізі часових рядів поняття "сезон" у прогнозуванні застосуємо до будь-яких систематичним коливань. Наприклад, якщо мова йде про вивчення товарообігу протягом тижня під терміном "сезон" розуміється один день [4]. Оскільки в нашому випадку мова йде, насамперед, про істотну зміну кількості відмов і несправностей протягом року, то цілком резонно говорити про сезонної варіації вхідного потоку періодичністю 12 місяців.

2. Оцінка тренда, найкращим чином апроксимує фактичні дані. Для відображення основної тенденції розвитку явищ у часі чи моделі процесу застосовуються різні рівняння

(поліноми різних ступенів, експоненти, статечні функції, тощо), а також метод змінного середнього [7]. Для монотонно зростаючих (спадаючих) часових рядів найбільш переважно використання лінійного тренда виду $y(t) = a + bt$, як найбільш простого і зручного. У такому випадку параметри моделі прогнозування визначаються за допомогою перетворення, для чого необхідно мінімізувати функцію:

$$F(a,b) = \sum_{i=1}^{n} (a + bt_i - y_i^2)^2 . \quad (3)$$

Прирівнюючи до нуля часткові похідні Fa і Fb, отримаємо формули для визначення параметрів моделі прогнозування [9,10]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i \sum_{i=1}^{N} (t_i)^2 - \sum_{i=1}^{N} t_i \sum_{i=1}^{N} t_i y_i}{N \sum_{i=1}^{N} (t_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} t_i \right)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^{N} t_i y_i - \sum_{i=1}^{N} t_i \sum_{i=1}^{N} y_i}{N \sum_{i=1}^{N} (t_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} t_i \right)^2} \quad (5)$$

3. Визначення сезонної складової. Для адитивної моделі вона визначається як різниця між фактичним місячним числом заїздів в ТР по даній системі автомобіля і розміром тренда, отриманим аналітично, а для мультиплікативних моделей - як відношення.

Передбачається, що сезонні коливання за повний цикл взаємно поглинаються. Для адитивної моделі це означає, що сума значень сезонної компоненти за 1 рік дорівнює нулю. Для мультиплікативної моделі сума значень по певних періодах дорівнює числу періодів у циклі.

4. Прогнозування на основі даних, з яких виключена сезонна складова. Слід мати на увазі, що мінімальна рекомендований співвідношення довжини перед прогнозного періоду та періоду прогнозу становить 3:1. У нашому розпорядженні є статистика відмов за попередні 72 місяці. Знайти прогноз на наступний рік можемо за формулами 1 і 2, припустивши, що загальні тенденції і сукупність чинників, що зумовлюють функціонування системи в ретроспективі, збережуться на період прогнозування.

5. Обчислення помилки моделі прогнозу. Похибка прогнозу можливо оцінити за середньоквадратичним відхиленням:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i^p - y_i)^2}{k}} , \quad (6)$$

де y_i^p - розрахункові значення спостережуваного ряду; y_i - відповідні фактичні значення; k - число ступенів свободи, яке визначається залежно від розміру вибірки N і числа параметрів моделі тренда z, k = N - z.

Значення стандартної помилки дозволяє судити про якість отриманих прогнозних моделей в цілому. Стандартна помилка становить до 10%, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків.

Управлінські рішення по виробничій діяльності ремонтних постів автотранспортних підприємств будуть визначатися по потоку попередньої інформації за певний контрольний період. Тому обсяг інформаційного забезпечення буде мати дисперсію від 0 до його середнього значення, і пов'язані з цим непродуктивні витрати.

Скоротити кількість автомобілів, що отримали відмову, вимоги і зменшити простій ремонтних постів можна за умови раціонального управління розподілом заявок по постах в умовах нерівномірності надходження по обсягу і видах робіт, попередньої інформації в часі.

При цьому важливою умовою є максимально можлива відповідність між фактичною продуктивністю кожного окремого посту і призначенням технічної служби в результаті обробки попередньої інформації потоком заявок за інтервал часу Δt.

Якщо означити через $\rho(t)$ сумарну продуктивність ремонтних постів в певних умовах управління, а розрахункову оптимальну продуктивність зони ремонту при найбільш ефективній організації проведення ремонту через $P_{ОПТ}(t)$, то теоретично можна уявити чотири основних варіанти тактик управління розподілом заявок по ремонтних постах.

Перший варіант управління передбачає орієнтацію виробничої діяльності ремонтної зони на характер і величину вхідного потоку вимог. Тому даний варіант будемо називати "пасивним". При проведенні тактики прийому послідовно кожної вимоги, що надходить, зона ремонту на первісному етапі повністю завантажується. Але в результаті доручення одному або декільком спеціалізованим постам невідповідних видів робіт продуктивність постів і інтенсивність обслуговування вимог різко знижується. Це явище призведе до неритмічної роботи ремонтного посту, втрати значної частки вимог, веде до збільшення широти спеціалізації ремонтних постів.

Другий варіант - "активний", передбачає творчий вибір потоку вимог, який задовольнить найбільш повну реалізацію своїх потужностей спеціалізованими ремонтними постами, що дає в цих умовах максимальну продуктивність. Продуктивність постів досягає свого оптимального значення, розрахованого на ефективну організацію проведення робіт.

Вхідний потік вимог трохи менший або майже відповідає тому потоку, що може обслуговувати ремонтна зона автотранспортного підприємства.

Третій варіант - "комплексний". Дослідний варіант управління роботою постів поєднує дві протилежні тактики, або такі, що доповнюють одна іншу. По-іншому, варіант передбачає доцільність врахування вхідного потоку вимог і разом з тим концентрацію уваги на використанні продуктивності ремонтними постами. Управління в цих умовах вкрай неординарне, що дає досить високий рівень складності, а також викликає багато інших чинників, що впливають на ефективність організації проведення ремонту на автотранспортних підприємствах.

Четвертий варіант управління, що має досить широке розповсюдження в дрібних автомайстернях, не включає координаційного органу, керуючого організацією проведення відновних робіт, що негативно. “Нейтральний" варіант управління не проводить цілеспрямовану діяльність ані по вхідному потоку вимог, ані по реалізації максимальної продуктивності ремонтних постів, або ж автотранспортне підприємство функціонує саме по собі без проведення будь-якої тактики в управлінні.

Тому завдання полягає в тому, щоб при існуючих матеріальних і трудових ресурсах автотранспортного підприємства забезпечити організацію і управління проведенням ремонту автомобілів в умовах ринкових відношень і вільної конкуренції між автотранспортними підприємствами за рахунок досконалого використання попередньої інформації про вхідний потік вимог.

Висновки

В результаті проведеного дослідження часових рядів встановлено закономірності формування потоку вимог на проведення поточного ремонту, а також визначені параметри детермінованих математичних моделей надходження відмов і несправностей в часі. Потік відмов міських автобусів володіє вираженою сезонністю, що обумовлено змінами погодних умов і режиму експлуатації протягом року.

Що стосується сезонних варіацій, то тут також простежуються цілком певні закономірності. З отриманих результатів видно, що потік відмов автобусів по всіх системах володіє вираженою сезонністю, що обумовлено змінами погодних умов і режиму експлуатації протягом року. У холодну пору року спостерігається стабільне збільшення числа звернень до поточного ремонту за наступними системам: двигун, електроустаткування і різні агрегати і вузли. Це пов'язано зі зміною природно-кліматичних факторів, насамперед, температури і відносної вологості повітря. У літній період значно частіше виходять з ладу агрегати трансмісії, елементи ходової частини, гальмівне і рульове управління, а також зростає частота «складних»

заїздів і заявок на шиномонтажні роботи. Також у весняно-літній період ростуть виробничі програми з кузовних робіт. Така ситуація обумовлена збільшенням інтенсивності експлуатації автобусів і обсягів перевезень пасажирів у літній період.

У результаті дослідження складено прогноз потоку звернень в ремонт автобусів, що робить можливим проведення оптимізаційних заходів виробничо-технічної служби підприємства на основі імітаційного моделювання.

1. Андронов А. М. Теорія ймовірностей і математична статистика: підручник для вузів / А.М. Андронов, Є.А. Копитов, Л.Я. Грінглаз. - СПб.: Пітер, 2004. - 461 с.
2. Гмурман В. Є. Керівництво щодо вирішення завдань з теорії ймовірностей і математичній статистиці / В.Є. Гмурман. - М.: Вища школа, 2005. - 404 с.
3. Гмурман В. Є. Теорія ймовірностей і математична статистка : навч. посібник для вузів / В.Є. Гмурман. - М.: Вища школа, 2005. – 479 с.
4. Садовникова Н.А. Аналіз часових рядів і прогнозування / Н.А. Садовникова, Р.А. Шмойловой. - М.: Московський державний університет економіки, статистики та інформатики, 2001. - 67 с.
5. Гурвич І.Б. Експлуатаційна надійність автомобільних двигунів / І.Б. Гурвич , П.Е. Сиркин. - М.: Транспорт, 1984. - 141 с.
6. ОНТП 01-91 Загальносоюзні норми технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту. - М.: Гіпроавтотранс РРФСР, 1992. - 92 с.
7. Лукінский В. С. Моделі та методи теорії логістики / В. С. Лукінский , В.В. Лукінский, Ю.В. Малевич / За ред. В.С. Лукінський. - СПб: Пітер. - 2008 - 448 с.
8. 8.Четиркін Є. М. Статистичні методи прогнозування / Є.М. Четиркін. - М.: Статистика, 1975. - 184 с.
9. Дмитрієв О. А. Міжміські автобусні перевезення / О.А. Дмитрієв. - М.: Транспорт, 1982. - 216 с.
10. Ферстер Е. Методи кореляційного і регресійного аналізу: керівництво для економістів / Е. Ферстер, Б. Ренц. - М.: Фінанси і статистика, 1983. - 303 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014

©С.В.Цимбал

УДК 625.712

А.Л.Шаповалов
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ВУЛИЦЯХ І ДОРОГАХ МІСТ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ПРАВИЛ ЄС

Приведена оновлена методика по підрахунку складу та інтенсивності механічних транспортних засобів на вулицях і дорогах міст у відповідності до рішень Всесвітнього форуму для узгодження правил в області транспортних засобів Європейського економічного комітету Економічної та Соціальної Ради ООН.

Ключові слова: *вулиці і дороги міст, склад транспортних засобів, інтенсивність руху, мотоцикли, причепи, класифікація транспортних засобів ЄС*

А.Л.Шаповалов

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА УЛИЦАХ И ДОРОГАХ ГОРОДОВ В СООТВЕТСТВИИ С ПРАВИЛАМИ ЕС

Приведена обновленная методика по подсчету состава и интенсивности механических транспортных средств на улицах и дорогах городов в соответствии с решениями Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств Европейского экономического комитета Экономического и Социального Совета ООН.

Ключевые слова: *улицы и дороги городов, состав транспортных средств, интенсивность движения, мотоциклы, прицепы, классификация транспортных средств ЕС*

A.Shapovalov

RESEARCH OF COMPOSITION OF A TRANSPORT STREAM ON URBAN HIGHWAYS IN ACCORDANCE WITH THE RULES OF THE EU

A new method is resulted for visual calculation of the composition and volume the 7 fixed mechanical transport assets on urban highways. In decision of the World forum for a concordance governed in area of transport vehicles of the European economic committee of Economic and Social Advice of the UNO of it is such transport vehicles: motor cycles, passenger cars, minibuses, buses, light trucks loader, average trucks loader, heavy trucks loader. Additionally an author suggests to take into calculation bicycles over 100 %. A list is offered for the calculation of composition and volume.

Key words*: urban highways, composition of transport vehicles, volume, motor cycles, trailers, classification of transport vehicles the EU*

Постановка проблеми. Країни-партнери або асоційовані члени ЄС повинні приймати або адаптувати свої закони, стандарти, правила, методики до тих, що діють в ЄС. Таким шляхом пройшли Прибалтійські країни та країни бувшого РЕВ.

Україна вже декілька років йде по цьому шляху. Так, кафедра вишукувань та проектування доріг і аеродромів ХНАДУ разом з ДерждорНДІ та НТУ розробила проект Положення про проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування [1].

Аналіз літератури. Деякі чинні методики в конкретних випадках пропонують регіструвати кількість автомобілів без розподілу їх на окремі категорії та типи транспортних засобів (ТЗ), тобто “транспортних одиниць”, або “приведених до легкового автомобілю” згідно з ДБН В.2.3-4:2007 [2]. В цьому нормативному документі для приведення ТЗ до легкового автомобіля при визначенні пропускної спроможності смуги автомобільної дороги пропонується 17 типів ТЗ без мікроавтобусів. В ГСТУ 218:102-2003 регіструють 16 типів ТЗ без мікроавтобусів для підрахунку інтенсивності та складу транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування [3]. Дорожні експлуатаційні організацій Укравтодору для візуального обліку руху дорожніх транспортних засобів регіструють 18 ТЗ без мотоциклів, але з мопедами, що в Правилах ЄС не враховуються тому, що вони повинні рухатись по вело доріжках.

Європейський економічний комітет (ЄЕК) Економічної та Соціальної Ради ООН на Всесвітньому Форумі по узгодженню Правил в області транспортних засобів надав визначення (терміни) транспортних засобів, що рекомендовано використовувати в різних галузях господарства країн ЄС, США, Японії тощо [4]:

©А.Л.Шаповалов

механічний транспортний засіб (ТЗ) - будь-який самохідний дорожній ТЗ, за винятком мопедів, що не прирівняні до мотоциклів, та за винятком рейкових ТЗ;

автомобіль - будь-який механічний ТЗ для перевезення по автомобільних дорогах людей або вантажів або для буксирування по дорогах ТЗ, що використовуються для перевезення людей або вантажів. Цей термін включає тролейбуси, тобто нерейкові транспортні засоби, що сполучені з електричним дротом; він не охоплює сільськогосподарські трактори;

мотоцикл - будь-який двоколісний ТЗ з коляскою або без неї, що має двигун; до мотоциклів можуть бути прирівняні триколісні ТЗ, порожня маса яких не перевищує 0,4 т. Мотоцикл не включає мопеди;

причеп - будь-який несамохідний ТЗ для буксирування механічним ТЗ, а також напівпричепи;

склад транспортних засобів - зчеплені ТЗ, що беруть участь в дорожньому русі як одне ціле.

В документах Всесвітнього Форуму по узгодженню правил в області транспортних засобів наведена також нова уточнена класифікація механічних ТЗ і причепів. Нижче наведені основні категорії механічних ТЗ за новою класифікацією Форуму [4].

Категорія L – транспортні засоби, що мають менше 4 коліс, тобто, мотоцикли. Ця категорія поділяється на 7 підкатегорій ТЗ за об'ємом двигуна ($L_1 – L_7$).

Категорія M - механічні засоби, що мають не менше 4 коліс і використовуються для перевезення пасажирів. Ця категорія поділяється на 3 підкатегорії (M_1, M_2 та M_3):

підкатегорія M_1 - ТЗ для перевозки пасажирів, що мають не більше 8 сидячих місць, крім сидіння водія;

підкатегорія M_2 - ТЗ для перевозки пасажирів, що мають більше 8 сидячих місць, крім сидіння водія, і максимальна маса яких не перевищує 5 т;

підкатегорія M_3 - ТЗ для перевозки пасажирів, що мають більше 8 сидячих місць, крім сидіння водія, і максимальна маса яких перевищує 5 т.

Категорія N – ТЗ, що мають не менше 4 коліс, для перевезення вантажів. Ця категорія поділяється на 3 підкатегорії (N_1, N_2 та N_3):

підкатегорія N_1 - ТЗ для перевезення вантажів, що мають максимальну масу не більше 3,5 т;

підкатегорія N_2 - ТЗ для перевезення вантажів, що мають максимальну масу понад 3,5 т, але не більше 12 т;

підкатегорія N_3 - ТЗ для перевезення вантажів, що мають максимальну масу більше 12 т;

Крім перелічених вище основних 7 категорій (L, M_1, M_2, M_3, N_1, N_2, та N_3), в документі Форуму наведені додаткові категорії та типи ТЗ [4].

O - причепи (включаючи напівпричепи) – ТЗ категорії M, N або O, призначені для перевозки пасажирів або вантажів, а також для виконання спеціальних функцій, для яких потрібна наявність спеціального кузова або устаткування.

Автомобіль-дім - ТЗ спеціального призначення категорії M_1, що включає житловий відсік з устаткуванням.

Броньований транспортний засіб - ТЗ, що призначений для захисту пасажирів і/або вантажів і оснащений куленепробивною броньовою обшивкою.

Машина швидкої медичної допомоги - автомобіль категорії M, призначений для перевезення хворих або поранених і оснащений спеціальним устаткуванням.

Катафалк - автомобіль, призначений для перевезення померлих і оснащений спеціальним устаткуванням.

Категорія T - сільськогосподарські і лісові трактори - механічний ТЗ на колісному або гусеничному ходу, що має не менше 2 вісей, функціональне призначення якого залежить в основному від його тягового зусилля і яке сконструйовано спеціально для буксирування, штовхання, перевозки або приведення в дію певних пристроїв, механізмів або причепів, призначених для використання в сільському або лісовому господарстві. Такий трактор може бути пристосований для перевезення вантажів і обслуговуючого персоналу.

Категорія G - позадорожня рухома техніка - будь-яка мобільна установка, пересувне промислове устаткування або ТЗ з кузовом або без кузова, що не пристосоване для перевезення

пасажирів або вантажів по дорогах і в якому встановлений двигун внутрішнього згорання. До них можуть відноситись ТЗ категорій М і N.

Рекомендації Всесвітнього Форуму для узгодження правил в області транспортних засобів Європейського економічного комітету (ЄЕК) Економічної та Соціальної Ради ООН можна звести до семи основних типів (підкатегорій) ТЗ та починати впроваджувати в Україні [4]:

- L – мотоцикли;
- M_1, M_2, M_3 - механічні ТЗ для перевезення пасажирів;
- N_1, N_2, N_3 - механічні ТЗ для перевезення вантажів.

Ці 7 типів ТЗ переважно спостерігаються на автомобільних дорогах загального користування та на вулицях і дорогах міст та інших населених пунктів України, а також держав ЄС.

Додаткові категорії транспортних засобів:

- О - причепи та напівпричепи;
- Транспортні засоби спеціального призначення;
- Т - сільськогосподарські та лісові трактори;
- G - транспортні засоби підвищеної прохідності [4].

Мета статті. В статті наведена Методика встановлення складу та інтенсивності транспортного потоку на автомобільних дорогах у відповідності до правил ЄС, що може бути впроваджена в Україні.

Викладання основного матеріалу. Закон України «Про автомобільні дороги» 2005 року визначає такі види автомобільних доріг: 1) автомобільні дороги загального користування; 2) вулиці і дороги міст та інших населених пунктів; 3) промислові (технологічні) автомобільні дороги; 4) автомобільні дороги на приватних територіях [5].

Ці види автомобільних доріг мають свої особливості. Якщо 1, 2 та 4 види схожі між собою за складом транспортних засобів (ТЗ), то 3 вид дуже від них відрізняється. Тому ми пропонуємо для дослідження складу та інтенсивності транспортного потоку на автомобільних дорогах 1, 2 та 4 видів один і той же бланк. В бланку введені додаткові графи для типів ТЗ, що не увійшли в 7 ТЗ за правилами ЄС: окрема графа для велосипедів та графа “інші” для міських пасажирських ТЗ – тролейбусів, трамваїв, метро на рівні вулиці тощо.

Під час дослідження складу транспортного потоку з 2000 до 2014 років був виконаний значний обсяг попередніх досліджень та аналіз необхідної кількості ТЗ за основними положеннями методики автора, що затверджена в ГСТУ 218-02071168-096-2003, М 218-02071168-416-2005 та опублікована в наукових статтях 2006 – 2013 років [6, 7].

Наш аналіз багатьох методик ведучих транспортних держав і багаторічний досвід реєстрації ТЗ в Україні, СНД, Європі та Азії дозволив запропонувати в 2012 році для оперативного підрахунку складу транспортного потоку на дорозі оновлену методику із скороченим до 7 категорій (типів) ТЗ, що відповідає рекомендаціям Європейського економічного комітету (ЄЕК) Економічної та Соціальної Ради ООН на Всесвітньому Форумі по узгодженню правил в області транспортних засобів.

В оновленій методиці наведений бланк “Відомість складу та інтенсивності ТЗ на автомобільній дорозі”, де відмічаються основні 7 типів ТЗ (L, M_1 , M_2 , M_3 , N_1 , N_2 , N_3 , а також додатково карбюраторні, дизельні, газобалонні, з причепами та напівпричепами. Крім того зверх 100 % можна підраховувати велосипеди, тролейбуси, гужовий транспорт тощо. Таким чином, при необхідності можна в наших бланках врахувати до 30 підкатегорій (типів) ТЗ. Бланк дозволяє підрахувати склад та інтенсивність руху ТЗ в прямому та зворотному напрямках, а також сумарну.

На вулицях і дорогах міст та інших населених пунктів України та ЄС під час спостереження за транспортним потоком ми пропонуємо відмічати механічні ТЗ латиною за правилами ЄС та кирилицею скорочену назву ТЗ в Україні таким чином :

- мотоцикли (L/МЦ),
- легкові автомобілі (M_1/ЛА),
- мікроавтобуси (M_2/МБУ),
- великі та середні автобуси (M_3/БУС),
- легкі вантажні автомобілі (N_1/ЛВА),

- середні вантажні автомобілі (N_2/СВА),
- важкі вантажні автомобілі (N_3/ВВА),
- та зверх 100 % велосипеди, тролейбуси трамваї, метро та гужеві ТЗ.

Підрахунок категорій (типів) ТЗ пропонується виконувати у вигляді "закритого конверту". Крім того роблять помітки у вигляді таких символів:

- "кола" – для причепів та напівпричепів;
- "хрестика" – для дизельних ТЗ;
- "трикутника" – для ТЗ підвищеної прохідності (джипів);
- "т" – для сільськогосподарських та лісових тракторів.

В статті наведені результати вибіркових досліджень за складом та інтенсивністю транспортного потоку на вулицях і дорогах в ФРН м. Франкфурт на Майні (липень - серпень 2013 року) та Україні в м. Харкові (вересень 2013 - квітень 2014 років). Дослідження виконувались в світлий період робочого дня на протязі 20 - 60 хвилин з імовірністю похибки не більше 5 %.

В якості прикладу наведені результати дослідження складу транспортного потоку у відповідності до правил ЄС.

Магістральна вулиця регульованого руху з трамвайним полотном в одному рівні з проїзною частиною магістралі Конрад Аденауер ФРН, центр м. Франкфурт на Майні. Магістраль має 4 смуги руху з трамваєм по центру та тротуарами біля забудови. Сумарна інтенсивність складала 1174 або 300 транспортних одиниць за годину. В складі транспортного потоку мотоциклів 5 % легкових 87 %, автобусів 3 % та вантажних 5 %. Крім того на магістралі зареєстировано 8 % велосипедів та 2,7 % трамваїв.

Магістральна вулиця регульованого руху з метро (U-Bahn) по центру магістралі на відокремленому огородженому полотні Борзік алея, Енкхайм ФРН, м. Франкфурт на Майні. Магістраль має 4 смуги руху з тротуарами біля забудови з розміченими смугами для велосипедів. Інтенсивність транспортного потоку в одному напрямку складала 588 або 300 транспортних одиниць за годину на одній смузі руху. В складі транспортного потоку мотоциклів 1 % легкових 87 %, автобусів 4 % та вантажних 8 %. Крім того на магістралі зареєстровано 3,6 % велосипедів та 1,8 % метро (U-Bahn).

Житлова вулиця Чернишевського м. Харків Україна. Вулиця має 2 смуги руху в однобічному напрямку з тротуарами біля забудови. Сумарна інтенсивність транспортного потоку в одному напрямку складала 465 або 250 транспортних одиниць за годину на одній смузі руху. В складі транспортного потоку легкових 90 %, автобусів 4 % та вантажних 6 %. Мотоциклів і велосипедів не спостерігалось в зв'язку з погодними умовами восени.

Магістральна вулиця регульованого руху з відокремленим трамвайним полотном, розташованим асиметрично до магістралі Журавлівський спуск м. Харків Україна. Магістраль має 3 смуги руху з одним тротуаром біля підпорної стінки. Сумарна інтенсивність транспортного потоку складала 1674 або 600 транспортних одиниць за годину на одній смузі руху. В складі транспортного потоку легкових 90 %, автобусів 6 % та вантажних 4 %. На магістралі не зареєстровано мотоциклів і велосипедів в зв'язку з погодними умовами.

Магістральна вулиця регульованого руху Сумська центр м. Харкова Україна. Магістраль має 4 смуги руху з тротуарами біля забудови. Сумарна інтенсивність транспортного потоку в одному напрямку складала від 880 до 1103 або 450-550 транспортних одиниць за годину на одній смузі руху. В складі транспортного потоку мотоциклів 1 %, легкових 85 %, автобусів 9 % та вантажних 5 %. На магістралі не зареєстровано велосипедів в зв'язку з погодними умовами.

Висновки.

Як видно з наведених характерних транспортного потоку, склад руху на вулицях і дорогах міст України та ЄС дуже відрізняється від складу на автомобільних дорогах загального користування. В містах як України, так і ЄС, більше всього спостерігається легкових автомобілів.

Спостереження на 19 ділянках магістральних, житлових вулиць та на мостах через річку Майн в ФРН, м. Франкфурті на Майні мають таки результати:

- мотоцикли (L/МЦ) коливаються від 1 % до 6 % з середнім 4 %;
- легкові автомобілі (M_1/ЛА) коливаються від 81 % до 92 % з середнім значенням 87 %;

- мікроавтобуси, середні та великі автобуси ($M_{2,\ 3}$/БУС) коливаються від 1 % до 6 % з середнім значенням 3 %;
- вантажні автомобілі ($N_{1,\ 2,\ 3}$/ВА) коливаються від 2 % до 11 % з середнім значенням 7 %.

Спостереження на багатьох ділянках магістральних і житлових вулицях в м. Харкові Україна мать таки результати:

- мотоцикли (L/МЦ) менше 1 % у зв'язку з погодними умовами;
- легкові автомобілі (M_1/ЛА) коливаються від 81 % до 96 % з середнім значенням 90 %;
- мікроавтобуси, середні та великі автобуси ($M_{2,\ 3}$/БУС) коливаються від 3 % до 11 % з середнім значенням 7 %;
- вантажні автомобілі ($N_{1,\ 2,\ 3}$/ВА) коливаються від 2 % до 8 % з середнім значенням 5 %.

Аналіз результатів дослідження за складом транспортного потоку в ЄС на прикладі ФРН та в Україні (м. Харкова) показує, що в ФРН в складі руху спостерігається більше мотоциклів і велосипедів. Також спостерігається зменшення легкових автомобілів і автобусів, що можна пояснити добре розвинутою інфраструктурою пасажирського транспорту в місті та агломерації Франкфурта на Майні. До пасажирського транспорту відносяться такі види:

- автобуси та мікроавтобуси;
- трамвай та метро (U-Bahn), що мають спільні рейки та контактний електричний дрот;
- приміські поїзди (S-Bahn);
- міжміські та міжнародні поїзди (D-Bahn);
- приватні легкові автомобілі, мотоцикли та велосипеди.

1. М 03450778-700:2012. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування.- Київ: Вид. Укравтодор Мінтрансу України, 2012.- 63 с.
2. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги.- К.:
3. ГСТУ 218-02071168-102:2003 Автомобільні дороги. Визначення транспортно - експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Методи та засоби
4. Європейський економічний комітет (ЄЕК) Економічної та Соціальної Ради ООН на Всесвітньому Форумі по узгодженню Правил в області транспортних засобів ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2
5. Закон України «Про автомобільні дороги» 2005 року
6. ГСТУ 218-02071168-096-2003. Охорона навколишнього середовища. Автомобільні дороги загального користування. Оцінка та прогнозування екологічного стану доріг та виробничих баз.– Київ: Вид. Укравтодор Мінтрансу України, 2003.- 47 с.
7. М 218-02071168-416:2005 Методика виявлення, оцінки та ранжування потенційних екологічно небезпечних місць автомобільної дороги.- Київ: Вид. Укравтодор Мінтрансу України , 2005.- 57 с.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014

УДК. 629.33-6

І.А.Шльончак
Черкаський державний технологічний університет

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ В ДИЗЕЛІ DONG FENG

В результаті визначення найбільш ефективного, з точки зору економічних та екологічних показників, палива, був визначений економічний ефект від його використання в перспективному дизелі CY4102BZLQ. Розроблені рекомендації проведення експлуатаційно-технічних заходів дизеля DONG FENG для покращення його роботи на біопаливах.

Ключові слова: *експлуатація, дизель, біопаливо, економічні та екологічні показники*
Табл2. Форм 2. Літ 10

В результате определения наиболее эффективного, с точки зрения экономических и экологических показателей, топлива, был определен экономический эффект от его использования в перспективном дизеле CY4102BZLQ. Разработаны рекомендации проведения эксплуатационно-технических действий дизеля DONG FENG для улучшения его работы на биотопливах.

It was prepared the efficiency of the using the biofuels in perspective diesel CY4102BZLQ which showed the most effective biofuel including the economic and ecological indicators of diesel engines. The technical recommendations for economic and ecological efficiency of CY4102BZLQ diesel engine, using regular fuel with ethyl ether of rapeseed oil additive, were prepared. It was suggested to improve the economic and ecological indicators of diesel engines, using the regular fuel with ethyl ethers of rapeseed oil additive, by optimization of the static fuel supply advance angle and compression ratio. The stand tests have been performed on DONG FENG diesel engine (the model was CY4102BZLQ) to find out the influence of static fuel supply advance angle and compression ratio on it's ecological indicators and fuel economy using regular fuel with ethyl ethers of rapeseed oil additive. The mathematical models have been developed for CY4102BZLQ diesel engine, which showed it as a source of environmental indexes or as the user of regular fuel with ethyl ethers of rapeseed oil additive in different concentration. Researches showed the most effective biofuel which was the regular fuel with 20% ethyl ethers of rapeseed oil supplement. It was provided the road tests of bus «Bohdan» A-091 according to the urban driving cycle and specified the optimum values of the static fuel supply advance angle and compression ratio of CY4102BZLQ diesel engine, using biofuel. The fuel characteristics of the withstand motion of bus «Bohdan» A-091, equipped with the diesel DONG FENG have been got. The technical recommendations for economic and ecological efficiency of CY4102BZLQ diesel engine, using regular fuel with ethyl ether of rapeseed oil additive, were prepared.

Постановка проблеми. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) завдяки своїм позитивним властивостям досить поширені у світі. Однак, їх застосування призвело до ряду проблем, пов'язаних з виснаженням нафтових родовищ, забрудненням атмосфери токсичними викидами, глобальним потеплінням тощо. Тому, із зменшенням природних запасів нафти та суттєвим зростанням вартості традиційних моторних палив надзвичайно актуальним є розширення використання біопалив, які отримують з відновлюваної рослинної сировини, що зменшує залежність України від нафти, як джерела енергії. Одним із найбільш поширених таких видів біопалив є етилові ефіри ріпакової олії (ЕЕРО).

Проведений літературний аналіз підтверджує перспективність використання добавок ЕЕРО до дизельного палива (ДП). Тому, актуальною є задача проведення комплексних досліджень щодо ефективності використання ДП з добавками ЕЕРО. Така науково-технічна задача вирішується в представлених дослідженнях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як показав аналіз наукових досліджень, існують порівняно небагато даних щодо заміни дизельного палива на ЕЕРО або їх сумішей з традиційним нафтовим паливом, та їх ефективності використання в грошовому еквіваленті.

В роботі [1] представлені результати досліджень підприємством Volkswagen (Німеччина), серійного автомобільного дизеля, що працює на метиловому ефірі ріпакової олії (МЕРО), (чотирьохциліндровий вихрекамерний дизель без наддуву розміру S/D = 8,64/7,65 та потужністю 40 кВт), які показали, що при роботі двигуна почергово на ДП та МЕРО викиди монооксиду вуглецю знижуються від 4,5 до 3,57 г/тест, вуглеводнів – від 0,82 до 0,37 г/тест. При цьому викиди оксидів азоту збільшились від 2,56 до 3,01 г/тест. Дослідження дизеля при роботі на ЕЕРО та його сумішей з ДП не проводились взагалі.

В роботі [2] представлені дослідження температурного стану деталей камери згоряння дизеля 6 ЧН12/14 (СМД-17Н) за умов роботи на ДП та ЕЕРО. Було показано, що температура днища поршня та головки циліндрів збільшується на 30-50 ° С. Зроблено висновок про можливість зниження надійності деталей циліндро-поршневої групи.

©І.А.Шльончак

Автор роботи [3] в результаті досліджень використання МЕРО в дизелі 6ЧН12/14 (СМД 31) встановив збільшення витрат палива, зменшення димності відпрацьованих газів (ВГ) і твердих частин. Викиди CO, C_nH_m , NO_x, залежать від швидкісного і навантажувального режимів двигуна.

Автори робіт [4, 5, 6] провели дослідження дизеля моделі 4ЧН 12/14 (СМД-23) при його роботі на сумішах ДП і ріпакової олії різного процентного складу, а також на ЕЕРО. Відмічено збільшення втрат палива та зниження димності ВГ при використанні біопалив. Комплексна оцінка за методиками випробувальних циклів показала збільшення оксидів азоту та зниження викидів продуктів неповного згоряння.

Порівняльний аналіз вмісту ВГ дизельного й палива рослинного походження показав істотну перевагу останнього з екологічної точки зору. Зокрема кількість твердих часток знизилась більш як на 50%. Емісійні характеристики біодизельного палива підтверджують, що це паливо перспективне та не забруднююче, особливо у відношенні зниження вуглеводневих часток. Емісія оксидів сірки та ароматичних складових наближена до нуля. Баланс CO_2 дорівнює нулю. Екологічна привабливість цього палива — очевидна [5].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. В дослідженнях, опублікованих раніше, оцінки ефективності використання ЕЕРО, як добавки до ДП різної концентрації в дизелі DONG FENG моделі CY4102BZLQ, а також рекомендацій експлуатаційно-технічних заходів вище названого дизеля не виявилось.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення економічного ефекту від використання ДП з добавкою ЕЕРО в дизелі DONG FENG моделі CY4102BZLQ, яка може бути представлена в грошовому еквіваленті.

Основні результати дослідження. В результаті проведення попередніх стендових та дорожніх випробувань дизеля CY4102BZLQ на традиційному та біологічному паливах були встановлені характерні особливості їх використання у двигуні. Проведена оцінка ефективності використання біопалив в перспективному дизельному двигуні CY4102BZLQ дозволила виявити найбільш ефективне, з точки зору економічних та екологічних показників, паливо. Таким паливом є паливо В 20 (об'ємний вміст біодизеля у дизельному паливі – 20%) [7].

Тому, при використанні сумішевих палив у дизелі CY4102BZLQ, що встановлюється на автобусах модельного ряду «Богдан», для покращення економічних та екологічних показників двигуна, необхідно провести наступні експлуатаційно-технічні заходи:

- через відмінність фізико-хімічних властивостей біопалив від традиційних, процес їх розпилювання змінюється. Для встановлення необхідного тиску впорскування треба провести регулювання форсунки та її випробування на предмет здатності нормального розпилювання (стенд моделі КИ16301А). Згідно технічних умов [8] до експлуатації автобусів «Богдан», впорскування палива у двигун має здійснюватись під тиском 25 ± 0,5 МПа, а форма розпилювання відповідати правильній;
- перевірити та відрегулювати встановлюваний кут випередження впорскування. Для покращення економічних та екологічних показників дизеля DONG FENG моделі CY4102BZLQ встановлюваний кут випередження впорскування необхідно відрегулювати на величину 8 º п.к.в. до ВМТ [6];
- перевірити значення компресії у циліндрах двигуна. В разі не відповідності значенням тиску, що створюється поршнем в положенні ВМТ, паспортним даним, необхідно довести цей показник до величини, регламентованої нормативно-технічною документацією, а саме 2,8 МПа;
- з метою покращення процесу згоряння біологічних палив ступінь стискання двигуна необхідно довести до значення 18 одиниць за допомогою встановлення прокладки товщиною 1,4 мм між блоком циліндрів і головкою та регулювання надпоршневого простору штатною свічею накалювання [7].

Для проведення розрахунку економічного ефекту від використання сумішевих палив в грошовому еквіваленті необхідно знати собівартість виготовлення однієї літри ЕЕРО та ринкову вартість однієї літри ДП. Собівартість 1 літра ЕЕРО залежить від ряду чинників: середньої врожайності ріпака, ринкової вартості насіння, виходу ріпакової олії, а також умов виробництва. Світова практика показує, що найбільш доцільно, з економічної точки зору, використовувати біологічне паливо, отримане на власній сертифікованій установці. Установки для переробки насіння ріпака виготовляються як в Україні, так і в країнах близького й далекого зарубіжжя.

Широко поширена установка продуктивністю 1200 л на добу, для якої й проведено розрахунок. Останній виконано за умов вичавлювання олії з насіння ріпака (зібраного зі 100 га посівної площі) та без урахування витрат на його вирощування, збір і зберігання. Таким чином, враховуючи те, що середня врожайність насіння ріпака в Україні складає 20-25 ц/га, ринкова вартість 1 т насіння ріпака – близько 5000 грн, а вихід олії з 1 т насіння цієї рослини наближається до 50%, орієнтовно собівартість 1 л ЕЕРО можна розрахувати за наступною формулою [9]:

$$S = \frac{B}{Б} \qquad (1)$$

де
S – вартість 1 л ЕЕРО, грн;
В – сумарні витрати на виробництво ЕЕРО, грн.;
Б – загальний об'єм ЕЕРО, виготовленого із 83,3 т олії (91630 л), яка отримана з 250 т насіння ріпака вирощеного зі 100 га посівних площ, л;

Сумарні витрати *В* на виробництво ЕЕРО складаються з наступних витрат:

- витрати, пов'язані із отриманням відповідного об'єму ріпакової олії (з 3 т насіння вичавлюють 1 т олії, тобто переробка 250 т насіння по 150грн/т складає близько 37500 грн);
- витрати на закупку етилового спирту (11 % від 83,3т олії, а саме: 9200кг по 25грн/кг, що складає 230000 грн);
- витрати на закупку лужного каталізатора КОН (1% від 83,3 т олії, а саме: 0,833т по 15 грн/кг, що складає 12495 грн);
- витрати електроенергії на виробництво 91630 л ЕЕРО (30кВт/1000 л для 91630 л складає 2748,9 кВт витраченої електроенергії, що в грошовому еквіваленті, за 0,94 грн/кВт, дорівнює 2602,38 грн.);
- витрати, пов'язані із виплатою заробітної плати трьом робітникам за добу, якщо робота здійснюється в три зміни, 240 грн/добу. Виробництво 91630 л ЕЕРО потребує 77 діб, за умови продуктивності установки 1200 л на добу. Тоді витрати на заробітну плату та оподаткування (20%) складатиме 22176 грн.

З 1 т ріпакової олії, 110 кг спирту, 12 кг каталізатора можна отримати приблизно 970 кг (1100л) ЕЕРО та 153 кг гліцерину. Таким чином, для виробництва ЕЕРО з 83,3 т олії, 9,2 т етилового спирту та 0,833 т лужного каталізатора собівартість 1 л ЕЕРО складатиме:

$$S = \frac{(37500 + 230000 + 12495 + 2602{,}38 + 22176)}{91630} = \frac{304773{,}38 грн}{91630 л} = 3{,}33 грн/л \qquad (2)$$

Використовуючи експериментальні результати отримані під час проведення дорожніх випробувань автобуса «Богдан», та представлений вище розрахунок собівартості альтернативних біологічних палив, можна визначити економічну ефект від використання сумішевих палив у дизелях транспортних засобів (табл. 1, 2). З таблиці 1 та 2 видно, що при використанні сумішевого палива В20, вартість якого нижча, ніж вартість ДП, на кожні 100 км пробігу автобуса, при штатних регулюваннях двигуна, економічний ефект, в грошовому еквіваленті, складає майже 10,19 грн. При встановленні оптимальних регулювань дизеля, цей показник склав 15,25 грн на 100 км пробігу автобуса (випробування без навантаження умовними пасажирами) [10].

Аналогічний показник економічної ефективності використання палива В20 у дизелі автобуса «Богдан», який експлуатувався з навантаженням умовними пасажирами та зі штатними регулюваннями двигуна, склав 10,30 грн на кожні 100 км пробігу. Під час випробувань автобу-

са з оптимальними регулюваннями дизеля, економічний ефект склав майже 17,58 грн на 100 км при однакових умовах випробувань.

Таблиця 1

Економічний ефект від використання палива В20 у порівнянні з ДП при штатних регулюваннях дизеля автобуса «Богдан» в умовах дорожніх випробувань

Вид палива	Витрата палива, л/100 км	
	Без навантаження	З навантаженням
ДП	18	22
В20	19,2	23,7
Перевитрата, л/100 км	1,2	1,7
Вартість, грн/100 км		
ДП	187,02	228,58
В20	176,832	218,277
Економія, грн/100 км	**10,188**	**10,303**

Таблиця 2

Економічний ефект від використання палива В20 у порівнянні з ДП при оптимальних регулюваннях дизеля автобуса «Богдан» в умовах дорожніх випробувань

Вид палива	Витрата палива, л/100 км	
	Без навантаження	З навантаженням
В20	18,65	22,91
Перевитрата, л/100 км	0,65	0,91
Вартість, грн/100 км		
В20	171,7665	211,0011
Економія, грн/100 км	**15,2535**	**17,5789**

Таким чином в роботі показана ефективність використання сумішевого палива В20 у дизелі CY4102BZLQ автобуса модельного ряду «Богдан», представлена у грошовому еквіваленті. Слід зазначити, що всі параметри, які використовуються у розрахунках, необхідно коригувати в залежності від нестабільної вартості ДП.

Висновки. Використовуючи експериментальні результати отримані під час проведення дорожніх випробувань, було розраховано економічний ефект від використання сумішевих палив у дизелі автобуса «Богдан» із завантаженням та без завантаження умовними пасажирами. Розрахунки показали, що при використанні сумішевого палива В20 в незавантаженому автобусі на кожні 100 км його пробігу, за умови штатних регулювань двигуна, економічний ефект в грошовому еквіваленті склав 10,19 грн. При встановленні оптимальних регулювань дизеля, за тих же умов експлуатації автобуса, цей показник зростає до 15,25 грн на 100 км пробігу. Під час випробувань завантаженого автобуса та з оптимальними регулюваннями дизеля, економічний ефект склав 17,58 грн на 100 км пробігу.

1. Schroder O., Krahl J., Munack A. et al. Environmental and Health Efects Caused by the Use of Biodiesel // SAE Technical Paper Series. – 1999. - № 1999-01-3561. – P. 1-11.
2. Семенов В.Г. Біодизельне паливо: стан і перспективи розвитку / Семенов В.Г., Автошляховик України, 2007. – №2. – С. 13 - 16.
3. Парсаданов И.В. Результаты исследований показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля при работе на рапсовометиловом эфире / Парсаданов И.В., Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – № 4. – С. 143-150.
4. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакового масла / [А.П.Марченко, В.Г.Семенов, Д.У.Семенова, О.Ю. Ліньков], Вісник Харківського державного політехнічного університету; Харків: ХДПУ, 2000. – Вип. 101. – С.159-163.
5. Осетров А.А. Улучшение технико-экономических показателей дизеля 4 ЧН 12/14, работающего на биотопливах: дис. … канд. техн. наук: 05.05.03 / Осетров Александр Александрович; НТУ «ХПИ», – Х., 2005. – 190 с.
6. Грабар І.Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: монографія. / Грабар І.Г., Колодницька Р.В., Семенов В.Г. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 152с.

7. Пилипенко О.М. Вибір та обґрунтування раціональних параметрів дизеля CY4102BZLQ, що працює на бінарних паливах / Пилипенко О.М., Тригуб О.А., Шльончак І.А. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – Горлівка, 2009. – №1(8). – с. 64-68.
8. Автобуси А-091. Технічні умови ТУ У 34.1-00234844-217-2004. – Офіц. Вид., – м. Черкаси.: М-во транспорту України, 2004. – 31 с. – (Нормативний документ Міністерства транспорту та зв'язку України. Інструкція).
9. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельних двигателей / Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.
10. Оцінка паливної економічності дизеля в умовах експлуатації / Пилипенко О.М., Семенов В.Г., Шльончак І.А., Васильченко В.Ю. // Вісник ЧДТУ. –Черкаси, 2011. – № 1. – с.100-104.

Стаття надійшла до редакції 29.04.2014

©І.А.Шльончак