НАУКОВІ НОТАТКИ

Міжвузівський збірник
(за галузями знань «Технічні науки»)

Випуск 55
(липень-вересень) 2016

Луцьк 2016

УДК 621. (0)÷629.7; 539

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Пустюльга С.І., декан МБФ, Луцький НТУ, д.т.н, професор; Рудь В.Д., зав. кафедри, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Савчук П.П., ректор, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Шваб'юк В.І., Луцький НТУ, д.т.н., професор; Заболотний О.В., проректор, Луцький НТУ, к.т.н., доцент.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Рудь В.Д., д.т.н., професор, Луцький НТУ (відповідальний редактор); Пустюльга С.І., д.т.н., професор, Луцький НТУ (заступник відповідального редактора); Заболотний О.В., к.т.н., доц., Луцький НТУ (заступник відповідального редактора); Савюк І.В., асистент, Луцький НТУ (відповідальний секретар); Бобир М.І., д.т.н., професор, НТУ України "КПІ"; Гевко Б.М., д.т.н., професор, Тернопільський НТУ; Дядюра К.О., д.т.н., професор, Сумський державний університет; Жигуц Ю.Ю., д.т.н., професор, ДВНЗ Ужгородський національний університет; Кіндрачук М.В., д.т.н., професор, Національний Авіаційний університет; Лотиш В.В., к.т.н., доц., Луцький НТУ; Майстренко А.Л., д.т.н., член- кореспондент НАН України, Інститут надтвердих матеріалів; Максимович В.М., д.ф.-м.н., професор, Луцький НТУ; Пальчевський Б.О., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Петраков Ю.В., д.т.н., професор, НТУ України "КПІ"; Петровський В.Я., д.т.н., професор, інститут проблем матеріалознавства НАН України; Повстяной О.Ю., к.т.н., доц., Луцький НТУ; Савчук П.П., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Струтинський В.Б., д.т.н., професор, НТУ України "КПІ"; Студеняк І.П., д.т.н., професор, ДВНЗ Ужгородський національний університет; Шваб'юк В.І., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Штерн М.Б., д.т.н., професор, Інститут проблем матеріалознавства НАН України; Ярошевич М.П., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Allison Macmillan, професор, доктор PhG, Гліндворський університет (Уельс, Великобританія); Драган О.В., к.т.н., доцент, Брестський державний технічний університет (Білорусь); Патер Збігнев, д.т.н., професор, Люблінська політехніка (Польща); Геворк Петросян, д.т.н., професор, Вірменський державний університет (Вірменія); Дімітер Ставнев, д.т.н., професор, Технічний університет м. Варні (Болгарія); Дешка Маркова, д.т.н., професор, Технічний університет м. Габрово (Болгарія)

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 12 від 24.05.2016 р.

Свідоцтво Міністерства юстиції України про державну реєстрацію:

Серія КВ №15901-4373ПР від 13.11.2009 р.

Включено до Переліку наукових фахових видань України наказ МОН України № 528 від 12.05.2015 року та в наукометричну базу РИНЦ.

ISSN: 24-15-39-66

© Луцький національний технічний університет, 2016 р.

ШАНОВНІ ДОПИСУВАЧІ, КОЛЕГИ!

Згідно наказу МОН України № 528 від 12.02.2015 р. затверджено Міжвузівський збірник наукових праць «НАУКОВІ НОТАТКИ», що видається Луцьким національним технічним університетом як наукове фахове видання України.

В збірнику публікуються результати теоретичних та експериментальних досліджень, які раніше не висвітлювались в печаті. Враховуючи, що збірник є фаховим виданням, в ньому корисно друкувати результати дисертаційних досліджень на здобуття наукового ступеня кандидата та доктора технічних наук за галузями знань "Технічні науки"

Статті друкуються українською, англійською або російською мовами.

Довідки за тел. (0332) 26-25-19 e-mail: **notatki@ukr.net**

Наша адреса:

43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56

Луцький національний технічний університет,

редакція міжвузівського збірника “Наукові нотатки”

Веб-сайт збірника: **http: //notatki.com.ua**

З повагою,

Відповідальний редактор,
професор Луцького НТУ ***В.Д. Рудь***

ЗМІСТ

Зміст……..	4
Абрамов Д.В. Метод визначення маси автомобіля в процесі руху дорогою з поздовжнім ухилом ….	11
Башинський А.Л., Осташевський С.А. Моделювання поведінки підресорених і непідресорених мас автомобіля в момент переходу з горизонтальної площини руху на похилу	16
Біліченко В.В., Крещенецький В.Л., Цимбал С.В., Тодорашко Г.Ю. Комплексний підхід до вирішення існуючих проблем функціонування транспортної системи міста……	22
Біліченко В.В., Цимбал С.В., Зелінський В.Й., Грех В.С. Формування раціональної структури підприємств автосервісу……	26
Бодак В.І. Заходи для підвищення якості пасажирських перевезень маршрутними таксі у м. Луцьку……...	30
Бойків М.В., Чудійович Б.Р. Дослідження зміни функціонального стану водія залежно від дистанції безпеки під час руху у транспортному потоці…….	32
Бондаренко А.Є. Аналіз поворотності моделі автомобіля з закріпленим рульовим управлінням та урахуванням колії……..	38
Бурко Д.Л. Проблеми якості організації дорожнього руху у найзначніших містах України….	43
Бур'ян М.В. Комплекс вимірювальної апаратури та оцінка плавності руху автобусів……	49
Вдовиченко В.О. Якісна оцінка безпеки транспортного сервісу на міському громадському пасажирському транспорті……...	54
Волков В.П., Мастепан С.М., Рижова В.Ю., Фоменко І.М. Формування напрямків розвитку нормативного забезпечення виробничих процесів на ПАТ…….	59
Вольченко О.І., Малик В.Я., Бекіш І.О. Нанотрибологічні процеси в парах тертя барабанно-колодкових гальм автотранспортних засобів……	64
Вольченко Д.А., Скрипник В.С., Витвицкий В.С. Нанотрибологічні процеси в парах тертя стрічково-колодкових гальм ……..	68
Гандзюк М.О., Селезньов Е.Л., Гандзюк Д.М. Розробка плоскої математичної моделі руху модульного триланкового причіпного автопоїзда у складі «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок з неповоротними осями (dolly) - тривісний напівпричіп»……	72
Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Ульянец О.А. Енергозберігаючі технології на транспорті……	80
Гречихін Л.І., Куць Н.Г. Радіотехнічна діагностика транспортних систем……...	87
Грицунь О.М. Аналіз поведінки пішоходів на регульованих перехрестях……	90
Гудз Г.С., Борис М.М., Остащук М.М. Визначення показників надійності гідромеханічних передач автонавантажувачів з вдосконаленим пакетом фрикціонів……..	96
Гула О.І. Параметрична оптимізація гібридного силового приводу міського автобуса…….	102
Двадненко В.Я. Лічильник електричної енергії в конверсійних гібридних автомобілях із підзарядкою……..	106
Деркач В.Л. Математичне моделювання процесу руху колісного транспортного засобу із застосуванням передпускового підігріву двигуна……	109
Дзюра В.О. Обгрунтування швидкості руху на міських вулицях і дорогах……...	112
Дикун Т.В., Гаєва Л.І., Зубрицький В.В. Аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи карбюраторних двигунів внутрішнього згорання при використанні біоетанолу……..	116
Дівеєв Б.М., Горбай О.З., Керницький І.С., Коник І.В., Пелех Я.М. Вібро- та шумозахисн пристрої з ДГК для колісних машин	122
Дівеєв Б.М., Николишин М.М., Опалко В.Г., Черчик Г.Т. Вібронавантаженість з'єднань елементів конструкцій колісних машин……	127
Дідківська Л.С., Янішевський С.В., Терпелюк Г.Ю. Оцінка впливу періодичних збурень (перекриття) руху на функціонування транспортної мережі м.Києва (на прикладі мосту ім.Патона)……..	134
Дубицький О.С., Куцай Н.С. Формування інноваційної стратегії розвитку підприємств автотранспортного бізнесу……..	139
Єрмак О.М. Визначення впливу параметрів розселення мешканців міста на формування пішохідних потоків……...	144

Жук М.М., Ковалишин В.В., Кисіль І.А. Інформаційне навантаження як чинник впливу на безаварійну роботу водія……..	148
Журавльов Д.Ю. Розрахунок та проектування фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма……	152
Захарчук О.В., Демидюк М.А., Захарчук М.І. Оцінка стійкості колісного трактора МТЗ-80 при роботі з газобалонним обладнанням……	157
Защепкіна Н.М., Ященко Я.О., Гречуха Ю.С., Тєрєнтьєва Н.Р. Використання нового способу для контролю пилоємності матеріалів……	163
Зінько Р.В., Бадейнов О.М. Методика експериментальних досліджень тягово-зчіпних пристроїв триланкових автопоїздів……	168
Іванов І.Є. Вплив параметрів пасажирських транспортних систем на показники роботи маршрутів……..	172
Ігнатюк Р.М., Рижий О.П., Морозюк С.В. Аналіз та перспективи видобутку біопалива на рівненщині……	177
Кайдалов Р.О., Баштовой В.М., Ларін О.О., Водка О.О. Дослідження коливань спеціалізованого транспортного засобу з дворівневою нелінійною системою підресорювання при переїзді одиничної дорожньої нерівності……..	183
Карюк А.М., Міщенко Р.А., Савенко Б.В. Методика статистичного аналізу метеорологічних даних з температури повітря та грунту……..	191
Кичма А.О., Предко Р.Я. Моделювання динаміки підвіски легкового автомобіля……..	196
Ковалишин В.В., Гілевич В.В. Вплив дорожніх умов на інтервали та швидкість руху транспортних засобів……	201
Копитков Д.М. Статистична оцінка результатів досліджень з підвищення якості пасажирських перевезень у містах……..	206
Крайник Л.В., Грубель М.Г., Мазурик Я.М. Моделювання взаємодії колеса з опорною поверхнею що деформується……...	212
Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І. Передумови автоматизації пошукового проектування приводів затискних механізмів……	216
Кузькін О.Ф. Вплив топології маршрутної мережі на показники роботи міського громадського транспорту……	222
Кукурудзяк Ю.Ю. Моніторинг технічного стану автомобіля при різних умовах експлуатації..	228
Лук'янченко О.Ю, Лук'янченко Ю.О., Крикун А.І. Дослідження ефективності теплової підготовки автомобільного двигуна шляхом акумулювання теплової енергії……	232
Марціяш О.М., Мурований І.С., Заверуха Р.Р. Визначення характеристик роботи електромагнітних форсунок бензинового двигуна на лабораторному стенді……	237
Мастепан С.М. Розробка системи моніторингу втрат якості та ефективності виробництва послуг з обслуговування і ремонту автомобілів на ПАТ ……	241
Матвіїшин А.Й., Гирила І.С., Попович Т.Л. Аналіз попиту і пропозиції на ринку автотранспортних послуг в Україні……	247
Монастирський Ю.А., Бондарь І.В., Вівчарик А.С., Гальченко А.В. Надійність роботи агрегатів кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 45 т при перевезенні гарячих сталеплавильних шлаків……...	251
Новицький О.В., Таран І.О., Трубицин М.М. Розв'язання задачі управління запасами при наявності обмежень методами аналітичної геометрії……...	256
Оліскевич М.С. Дослідження циклічних режимів роботи автомобіля на прямолінійній горизонтальній непересіченій ділянці дороги……...	261
Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є. Стенд для дослідження впливу тиску наддуву та тиску відпрацьованих газів на параметри робочого циклу ДВЗ……..	269
Петрова Ю.А., Ларін О.О. Дослідження особливостей контактної взаємодії пневматичних шин з жорсткою основою в залежності від рівня вертикального навантаження……..	275
Пилипенко О.М., Підгорний М.В., Шльончак І.А. Система безпеки при виробництві та використанні біогазу в дизелях……...	281
Пікула М.В., Стадник О.С., Серілко Л.С. Підвищення ефективності та якості вібраційного очищення деталей від забруднень……...	287

Познаховський В.А. Особливості застосування статистичних методів кількісної оцінки економічних ризиків у діяльності автотранспортного підприємства……	292
Поліщук В.П., Лановий О.Т., Єресов В.І., Куницька О.М., Корчевська А.А., Корчевський А.А. Моделювання умов небезпеки дорожнього руху для його учасників…….	298
Понкратов Д.П. Формування попиту на транспортні послуги з перевезення пасажирів на міських маршрутах……...	305
Пострановський Т.М. Вплив умов руху на показник активності регуляторних систем водія міського автобуса…….	310
Рациборинський В.В. Аналіз проблеми безпеки дорожнього руху в різних країнах……..	315
Рибай О.В. До визначення організації рухомого складу на автотранспортному підприємстві..	320
Рогальський Р.Б. Щодо формування парку пасажирських транспортних засобів міста…….	327
Ройко Ю.Я. Дослідження втрат часу в основних тактах на регульованих перехрестях……..	332
Рубан Д.П., Рубан А.Я. Структура парку автобусів громадського транспорту України та аналіз ситуації…….	338
Савін Ю.Ф., Середа В.Р., Фендьо О.М. Алгоритм процесу надання автосервісних послуг з паркуваннятранспортних засобів…….	341
Санько Я.В. Оцінка впливу пасажирських потоків на формування транспортної мережі міст	345
Сараєв О.В. Розрахункова оцінка ефективності гальмування автомобіля з урахуванням швидкісного режиму експлуатації……	350
Сахно В.П., Місько Є.М. Ідентифікація параметра жорсткості підвіски колісного транспортного засобу……	355
Селезньов В.Е. Дослідження режимів руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк..	360
Сітовський О.П., Мазилюк П.В. Математичне моделювання процесу гальмування на вимогу сигналів світлофора……	364
Скалига М.М., Рудинець М.В., Бодак В.І., Вербовський В.С. До питання використання в інфраструктурі автомобільного транспорту піролізних спалюючих пристроїв як засобів утилізації сміття та додаткових джерел енергії…….	367
Смирнов Є.В. Визначення оптимальної стратегії технічного розвитку автотранспортних підприємств…….	372
Сокіл Б.І., Нанівський Р.А., Сокіл М.Б. Резонансні коливання підресореної частини колісних транспортних засобів із неконсервативною силовою характеристикою системи підресорювання …….	378
Стадник О.Б. Методи і засоби підвищення експлуатаційних параметрів дисково-колодкових гальм автотранспортних засобів……..	383
Сотнікова А.О. Аналіз впливу виду вантажу на функціональний стан водія вантажного автомобіля……	388
Степанкіна І.Б. Моделювання автомобільно-конвеєрного комплексу кар'єру……	392
Степанов О.В. Модель оптимізації функціонального стану водія в системі безпеки автотранспорту……	397
Туренко О.І. Оцінка керованості легкових автомобілів при службових гальмуваннях на горизонтальних прямолінійних ділянках дороги…….	402
Турченюк М.О., Швець М.Д., Кірічок О.Г. Сучасні підходи до естетичного оформлення території складських регіональних комплексів та їх приміщень…….	407
Тхорук Є.І., Кучер О.О. Визначення оптимального терміну використання автомобільного транспортного засобу як параметра системи оновлення парку рухомого складу ……	412
Цьонь О.П. Шляхи визначення оптимальних відстаней між пунктами транспортної мережі..	418
Шарай С.М., Дехтяренко Д.О., Ященко В.М., Майданик К.О. Організація транспортного обслуговування міжнародних автомобільних перевезень вантажів за умови впровадження логістичних принципів……	422
Шимчук О.П., Андрійчук О.В., Процюк В.О. Відповідність стану безпеки дорожнього руху вимогам державних норм на автомобільній дорозі обласного значення О031696 в Шацькому районі……	427

Шимчук С.П., Савчук П.П., Герасимчук О.П., Кущев О.В. Фізико-математичне дослідження магнітно-турбулентного методу очищення підшипників кочення…….	432
Ширяєва С.В., Конрад Т.І. Залучення іноземного досвіду розділення руху вантажних і пасажирських поїздів для підвищення ефективності автомобільно-залізничних вантажних перевезень в Україні……..	437

CONTENTS

Contents……..	4
Abramov D. Method for determining the mass of the vehicle during movement along the road with longitudinal slope…….	11
Bashinsky A., Ostashevsky S. Behavior modeling of the sprung and the unsprung masses of the car in the time of transition from the horizontal plane of motion into an incline ……..	16
Bilichenko V., Kreschenetskyy V., Tsymbal S., Todorashko H. The problems in the planning of transport infrastructure of modern cities and their solutions…….	22
Bilichenko V., Tsymbal S., Zelinsky V., Grekh V. Formation of rational car service stations…….	26
Bodak V.I. Measures to improve the quality of passenger transport by bus in Lutsk……	30
Bojkiv M., Chudiyovych B. Study changes in the functional state of the driver, depending on the distance of safety when driving in traffic flow……	32
Bondarenko A. The analysis of the understeer car model with fixed steering and given the track.	38
Burko D. Problems of quality of vehicular traffic management at the biggest cities of Ukraine….	43
Burian L. Measuring systems and evaluation of the smooth movement of buses……..	49
Vdovychenko V. Qualitative assessment of the safety of transport service in urban public passenger transport……	54
Volkov V., Mastepan S., Ryzhov V., Fomenko I. Formation of directions regulatory support productions at enterprises of road transport…….	59
Volchenko A.I., Malyk V.Y., Bekish I.O. Nanotribological processes in the friction pairs of the drum brakes of the vehicles…….	64
Volchenko D., Skrypnyk V., Vitvitskiy V. Nanotribological processes in the friction pairs of the band-block brakes ……	68
Handziuk N., Seleznev E., Handziuk D. The development of a flat mathematical model of motion of modular three-unit trailer road train in the "car-towing - dolly-axle truck with fixed axles (dolly) - three-axle semi-trailer"……	72
Gnatov A., Argun Sch., Ulyanets O. Energy-saving technologies in transport…….	80
Gretchikhin L., Kuts N. Radio technical diagnostics of transport systems…….	87
Hrytsun O. Analysis of the behavior of pedestrians at signalized intersections…….	90
Gudz G., Borys M., Ostaschuk M. The determination of the kea liability indices of loading trucks hydro mechanical transmissions with the refined friction clutches packages…….	96
Hula O. Parametric optimization of hybrid city bus drivetrain…….	102
Dvadnenko V. Electricity meters in the conversion of recharge hybrid vehicle……	106
Derkach V. Mathematical modeling of wheeled vehicles process with the using of a car engine preheating……..	109
Dzyura V.O. Rationale speed limit motion on city streets and roads……	112
Dykun T.V., Haieva L.I., Zubrytskyi V.V. Analysis of technical and operational performance indicators of the carburettor internal combustion engines when using the bioethanol …….	116
Diveev B., Gorbay O., Kernitskiy I., Konyk I., Pelekh Y. Vibro- and sound protecting devices with DVA'S for wheeled machines…….	122
Diveyev B., Nykolyshyn M., Opalko V., Cherchyk H. Vibroloading of connections of elements of constructions of the wheeled machines……	127
Didkovskaya L., Yanishevskiy S., Terpelyuk A. Assessement of the impact of periodic traffic disturbances (shutoffs) on the functioning of the transport networks in Kiev (case of Paton bridge).	134
Dubytskyy A., Kutsai N. Formation of innovative enterprise development strategy motor business..	139
Iermak O. Definition of influence parameters settling the formation of city residents pedestrian flows……..	144
Zhuk M., Kovalyshyn V., Kysil I. The information workload as a factor of influence on no emergency work of driver…….	148
Zhuravlov D. The calculation and design of units friction band-shoe brakes……	152
Zakharchuk O., Demydiuk M., Zakharchuk M. Estimation stability of a wheeled tractor MTZ-80 when working with gas equipment……..	157

Zashchepkina N., Yashchenko Y., Hreshyha U., Teren'eva N. Using a new method to control vapor dustcspscity materials……	163
Zinko R., Badejnov O. Methodology of experimental researches of hauling-coupling devices of three-unit lorry convoys……	168
Ivanov I. Influence of parameters passenger on performance routes…….	172
Ignatyuk R., Ryzhyy O., Morozyuk S. Analysis and prospects of biofuel production in the Rivne region…….	177
Kaidalov R., Bashtovoi V., Larin O., Vodka O. An investigation of the vibration characteristics of a specialized vehicle with a double-leveled system of nonlinear suspension at crossing over a road asperity…….	183
Kariuk A., Mishchenko R., Savenko B. Methods of statistical analysis of meteorological data with air and soil temperatures……	191
Kychma A., Predko R. The modeling dynamics suspension car…….	196
Kovalyshyn V., Hilevych V. The influence of road conditions on interval and speedof the vehicle	201
Kopytkov D. Statistical evaluation of the research results to improve the urban passenger transportation quality……..	206
Kraynyk L., Hrubel M., Mazuryk Y. Modelling of wheel interaction with the deformable supporting surface …….	212
Kuznetsov Y.M., Prydalnyi B.I. Preconditions of automation of search designing of actuators of clamping mechanisms …….	216
Kuz'kin O. Impact of transit network topology on result indicators of public transit performance	222
Kukurudziak Yu. Monitoring of the technical condition of the vehicle at different operating conditions…….	228
Lukyanchenko A., Lukyanchenko Y., Krykun A. Investigation of the effectivenessof thermal preparation of automotive engine by thermal energy accumulation……..	232
Martsiiash O.M., Murovanyi I.S., Zaverukha R.R. Determining the operating performances of electromagnetic injectors petrol engine on the laboratory stand……..……	237
Mastepan S. Development of monitoring loss of quality and efficiency of services on maintenance and repair of cars on road transport enterprises……..	241
Matviyishyn A., Hyryla I., Popovych T. Analysis of demand and supply of transport services in Ukraine……..	247
Monastirskiy Yu., Bondar I., Vivcharik A., Galchenko A. The reliability of the aggregates quarry dump trucks with carrying capacity of 45 tons during transportation of the hot steel-making slag.	251
Novytski A., Taran I., Trubytsyn M. Solving the problem of inventory management in the presence of restriction methods of analytical geometry…….	256
Oliskevych M. Research cyclical modes of the vehicle on a straight horizontal cross section of the road……	261
Opanasyuk E., Begersky D., Opanasyuk A. Stand for investigation of the influence of the boost pressure and exhaust gas pressure on the working parameters of the internal combustion engine…	269
Petrova I., Larin O. Investigation of contact interaction of pneumatic tires with a rigid basis depending on the vertical load…….	275
Pilipenko A., Pidgoniy N., Shlionchak I. System of safety in a production of biogas and it's using in diesels……	281
Pikula M., Stadnyk O., Serilko L. Improving the efficiency and quality vibration cleaning equipment from contamination……	287
Poznakhovskiy V. Features of application of statistical methods of quantitative estimation of economic risks are in activity of motor transport enterprise……..	292
Polischuk V., Lanovyy A., Yeresov V., Kunitska O., Korchevska A., Korchevskuy A. Modeling uslovyy road safety movement for ego participants……..	298
Ponkratov D. Generation of passenger's transportation services demand on transit routes……..	305
Postransyy T. The impact of the traffic conditions on city bus driver`s indicator of regulatory systems' activity……	310
Ratsyborynskyy V. Analysis of road safety problems in movement of differents countries……..	315

Rybai O.V. To the definition of rolling stock organize of motor transport enterprise …….	320
Rogalskyy R.B. Formation for park city passenger vehicles……..	327
Royko Yu. Research of time waste during the green intervals at signalized intersections…….	332
Ruban D., Ruban H. Structure of buspark of public transport of Ukraine and analysis of situation	338
Savin Yu.F., Sereda V.R., Fendo O.M. Algorithm of the assistance process of the autoservice vehicles valet parking ……..	341
Sanko Ia. Evaluation of formation passengers on transport network…….	345
Saraiev V.A. Estimation of efficiency of braking of the vehicle taking into account the speed mode of operation……	350
Sakhno V., Misko E. Identification of vehicle suspension stiffness parameter……..	355
Seleznov V. Study mode traffic route vehicles c. Lutsk……	360
Sitovsky O., Mazylyuk P. Mathematical modeling of the braking processon demand the traffic light of signals……..	364
Skalyha M.M., Rudynets M.V., Bodak V.I., Verbovskyy V.S. To the question on the using into the road transport infrastructure of the local pyrolysis burning devices like as the waste disposal and the additional energy source means……	367
Smyrnov E. The definition of the optimal strategy for technical development of road transport enterprises…….	372
Sokil B., Nanivskyi R., Sokil M. Resonant vibrations of sprung part of wheeled vehicles with the conservative force characteristic of the sprung system……..	378
Stadnyk O.B. Methods and means of the improving operational parametersьof the disk brakes of the vehicles…….	383
Sotnikova A. Analysis of influence of the cargo's type on the functional state of truck drivers……	388
Stepankina I. The simulation of motor-car-conveyer complex the open pits'……..	392
Stepanov A.V. Model of optimization of a driver`s operational state in the vehicle security system	397
Turenko O.I. Evaluation of passenger cars controllability in service brake mode on the horizontal straight sections of the road ……..…..	402
Turcheniuk M., Shvets M., Kirichok O. New approaches to aesthetic design of territory regional storage systems and their premises…….	407
Thoruk Y., Kucher O. The determination optimal period of use the automobile vehicle as a parameter of the system of upgrade rolling stock……	412
Tson O. Ways to determine the optimal distance between the points of the transport network….	418
Sharai S., Dekhtyarenko D., Yaschenko V., Maidanyk E. Organization the transport services of cargo delivery in international traffic in terms of implementation of logistics principles.....	422
Shimchuk A., Andriychuk A., Protsiuk V. Compliance with road safety requirements of government regulations on the road of regional significance in O031696 Shatsky district……	427
Shumchuk S., Savchuk P., Gerasymchuk O., Kuschev O. Physical and mathematical research of magnetic-turbulance cleaning method of rolling bearings……	432
Shyriaieva S., Konrad T. Attracting foreign experience of separation of movement freight and passenger trains for increasing efficiency of road-rail freight transportation……..	437

УДК 629.016

Д.В. Абрамов
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ АВТОМОБИЛЯ В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ ПО ДОРОГЕ С ПРОДОЛЬНЫМ УКЛОНОМ

Усовершенствован метод определения массы автомобиля в процессе его движения по дороге с продольным уклоном. Результаты измерения массы автомобиля могут быть использованы в алгоритмах работы его интеллектуальных бортовых систем.

Ключевые слова: *автомобиль, продольный уклон, масса, ускорение, скорость.*

Д.В. Абрамов
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ АВТОМОБІЛЯ В ПРОЦЕСІ РУХУ ДОРОГОЮ З ПОЗДОВЖНІМ УХИЛОМ

Вдосконалено метод визначення маси автомобіля в процесі його руху дорогою, що має поздовжній ухил. Результати вимірювання маси автомобіля можуть бути використані в алгоритмах роботи його інтелектуальних бортових систем.

Ключові слова: *автомобіль, поздовжній ухил, маса, прискорення, швидкість.*

D. Abramov
Kharkiv National Automobile and Highway University

METHOD FOR DETERMINING THE MASS OF THE VEHICLE DURING MOVEMENT ALONG THE ROAD WITH LONGITUDINAL SLOPE

The method of determining the mass of the vehicle during movement along the road with longitudinal slope been improved. The results of measuring the mass of the car can be used in the algorithms of its smart onboard systems.

Keywords: *vehicle, longitudinal slope, mass, acceleration, velocity, acceleration.*

Постановка проблемы. Для улучшения работы интеллектуальных бортовых систем автомобиля необходимо определять его массу, которая может изменяться в широких пределах в процессе эксплуатации. Известно, что отношение полной массы легкового автомобиля к снаряженной может превышать значение 1,4 [1].

Определение массы груза необходимо также при выполнении коммерческих перевозок. При этом возможность осуществления процедуры взвешивания в большинстве случаев отсутствует. Измерение полной массы транспортного средства позволяет не допустить запредельных нагрузок на узлы и агрегаты автомобиля. Поэтому актуальной является задача контроля массы транспортного средства при движении.

В данной статье предложено усовершенствовать метод определения массы автомобиля или перевозимого груза при движении по дорогам, имеющим продольный уклон.

Анализ последних исследований и публикаций. Известно много методов определения загрузки автомобиля, но большинство из них требуют дополнительных затрат времени, наличия дополнительного оборудования, не входящего в перечень бортовых средств [2, 3].

Так, в работе [2] предложено определять массу груза путем измерения расстояния от определенных четырех и более точек грузовой платформы до поверхности дорожного полотна до и после загрузки и дальнейшего вычисления с учетом изменения измеряемого расстояния. При этом для каждой модели автомобиля предварительно должна быть определена соответствующая функциональная зависимость на основе закона Гука. В работе [2] также рассмотрен метод, в котором масса колесного транспортного средства определяется с использованием математической модели, учитывающей частотные характеристики и температуры каждой шины, значения давления в каждой шине до и после загрузки.

Недостатками указанных методов определения величины загрузки колесных транспортных средств является сложность практического применения.

Кроме того, известен метод определения массы колесного транспортного средства с грузом при проведении выбега, осуществляемого в загруженном состоянии и без груза [3]. Необходимость проведения выбега является недостатком этого метода, что затрудняет его практическое применение.

© Д.В. Абрамов

Метод определения массы или величины загрузки автомобиля в процессе его движения без проведения выбега предложен в работах [1, 4]. Так, масса автомобиля определялась в процессе разгона автомобиля на 1-й передаче при нажатии на педаль газа на определенную величину, при этом развиваемое ускорение соотносилось с ускорением автомобиля при движении с той же скоростью в специальном тестовом заезде с известной массой. Масса автомобиля определялась по формуле

$$m_{a_2} = \frac{m_{a_1} \cdot \left(g \cdot f + \dot{V}_{a_1} \cdot \delta\right)}{g \cdot f + \dot{V}_{a_2} \cdot \delta}, \quad (1)$$

где m_{a1} – известная масса автомобиля в тестовом заезде; $\dot{V}_{a_1}$ – ускорение автомобиля известной массой m_{a1} при движении в тестовом заезде с линейной скоростью V_a; $\dot{V}_{a_2}$ – ускорение автомобиля искомой массой m_{a2} при движении с той же скоростью V_a; g – ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м/с^2; f – коэффициент сопротивления качению колес автомобиля; δ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя и трансмиссии автомобиля при разгоне, согласно [5]

$$\delta = 1{,}03 + 0{,}05 \cdot U_K^2, \quad (2)$$

где U_K – передаточное число коробки передач.

Недостатком рассматриваемого метода является ограниченная область применения – он может быть применен только на горизонтальных участках дороги.

Методам определения величины продольного уклона дорожного полотна непосредственно в процессе движения автомобиля посвящены работы [6-8]. В работе [8] апробирован метод определения продольного уклона дороги с использованием GPS/GLONASS приемника, средняя относительная погрешность которого составила до 9,48 %.

Цель и постановка задач исследования. Целью исследования является повышение функциональной стабильности за счет усовершенствования метода определения массы автомобиля в процессе его движения.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

– определить взаимосвязь массы автомобиля и его ускорения при наличии продольного уклона дороги;

– определить взаимосвязь массы перевозимого автомобилем груза и его ускорения при наличии продольного уклона дороги.

Результаты исследований. Независимо от величины угла продольного уклона дороги и степени загрузки автомобиля, мощность двигателя будет одинаковой при одной и той же величине подачи топлива и одинаковой скорости движения машины при тестовом заезде и на произвольном участке дороги в эксплуатации. При этом предполагается, что техническое состояние автомобиля и теплотворная способность топлива одинаковы в тестовом заезде и рассматриваемом случае.

Мощность двигателя, реализуемая при разгоне автомобиля, может быть определена по формуле [9]

$$N_e = \frac{m_a \cdot g \cdot V_a \cdot \psi + kF \cdot V_a^3 + m_a \cdot V_a \cdot \delta \cdot \dfrac{dV_a}{dt}}{\eta_{mp} \cdot \left(1 - S_x\right)}, \quad (3)$$

где m_a – масса автомобиля; V_a – линейная скорость движения автомобиля; ψ – коэффициент суммарного дорожного сопротивления; kF – фактор аэродинамического сопротивления (k – коэффициент сопротивления воздуха, F – мидель); S_x – относительное буксование ведущих колес; η_{mp} – коэффициент полезного действия трансмиссии; t – время.

Коэффициент суммарного дорожного сопротивления равен [6]

$$\psi = f + i = f + \sin\alpha, \quad (4)$$

где i – продольный уклон ($i = \sin\alpha$); α – угол продольного уклона дорожного полотна (на подъеме $\alpha > 0$, а на спуске $\alpha < 0$.

Пусть буксование колес при разгоне отсутствует ($S_x = 0$). Тогда эффективная мощность двигателя автомобиля массой m_{a1} при движении по дороге с углом продольного уклона α_1, будет определяться по формуле

$$N_{e1} = \frac{m_{a_1} \cdot g \cdot V_{a1} \cdot (f + \sin\alpha_1) + k \cdot F \cdot V_{a1}^3 + m_{a_1} \cdot V_{a1} \cdot \delta \cdot \dot{V}_{a1}}{\eta_{mp}}, \quad (5)$$

а эффективная мощность двигателя того же автомобиля массой m_{a2} при движении на той же передаче по дороге с углом продольного уклона α_2 – по формуле

$$N_{e2} = \frac{m_{a_2} \cdot g \cdot V_{a2} \cdot (f + \sin\alpha_2) + k \cdot F \cdot V_{a2}^3 + m_{a2} \cdot V_{a2} \cdot \delta \cdot \dot{V}_{a2}}{\eta_{mp}}, \quad (6)$$

где $\dot{V}_{a1}$, $\dot{V}_{a2}$ – линейные продольные ускорения в плоскости дороги автомобиля соответственно массой m_{a1} и m_{a2}.

Прямые измерения линейных ускорений автомобиля осуществляются акселерометрами [10]. Акселерометр при разгоне по дороге с продольным уклоном будет регистрировать вдоль оси чувствительности x величину ускорения, равную [10]

$$a_x = \dot{V}_a + g \cdot \sin\alpha, \quad (7)$$

где $\dot{V}_a$ – продольное в плоскости дороги линейное ускорение автомобиля (величина $\dot{V}_a$ будет принимать положительные значения при разгоне и отрицательные значения при торможении).

Слагаемое $g \cdot \sin\alpha$ принимает положительные значения при движении автомобиля вверх по уклону ($\alpha > 0$) и отрицательные при движении вниз по уклону ($\alpha < 0$) [10].

Таким образом, линейные продольные ускорения в плоскости дороги автомобиля с учетом выражения (7) будут определяться по формулам

$$\dot{V}_{a1} = a_{x1} - g \cdot \sin\alpha_1; \quad (8)$$

$$\dot{V}_{a2} = a_{x2} - g \cdot \sin\alpha_2, \quad (9)$$

где a_{x1}, a_{x2} – кажущиеся линейные продольные ускорения автомобиля соответственно массой m_{a1} и m_{a2} в плоскости дороги, определяемые при использовании акселерометров.

С учетом выражений (8), (9) формулы (5) и (6) примут вид

$$N_{e1} = \frac{m_{a_1} \cdot g \cdot V_{a1} \cdot (f + \sin\alpha_1) + k \cdot F \cdot V_{a1}^3 + m_{a_1} \cdot V_{a1} \cdot \delta \cdot (a_{x_1} - g \cdot \sin\alpha_1)}{\eta_{mp}}; \quad (10)$$

$$N_{e2} = \frac{m_{a_2} \cdot g \cdot V_{a2} \cdot (f + \sin\alpha_2) + k \cdot F \cdot V_{a2}^3 + m_{a2} \cdot V_{a2} \cdot \delta \cdot (a_{x2} - g \cdot \sin\alpha_2)}{\eta_{mp}}. \quad (11)$$

При одинаковой величине подачи топлива при движении на маршруте и при движении в тестовом заезде с одинаковой скоростью будет выполняться равенство $N_{e1} = N_{e2}$. Тогда приравняв правые части уравнений (10) и (11) получим выражение, из которого определим массу m_{a2} автомобиля

$$m_{a_2} = \frac{m_{a_1} \cdot (g \cdot V_{a1} \cdot (f + \sin\alpha_1) + V_{a1} \cdot \delta \cdot (a_{x_1} - g \cdot \sin\alpha_1))}{g \cdot V_{a2} \cdot (f + \sin\alpha_2) + V_{a2} \cdot \delta \cdot (a_{x_2} - g \cdot \sin\alpha_2)}. \quad (12)$$

© Д.В. Абрамов

С учетом того, что $V_a = V_{a1} = V_{a2}$ формула (12) преобразуется следующим образом

$$m_{a_2} = \frac{m_{a_1} \cdot \left(g \cdot f + \delta \cdot a_{x`_1} + g \cdot \sin\alpha_1 \cdot (1-\delta)\right)}{g \cdot f + \delta \cdot a_{x`_2} + g \cdot \sin\alpha_2 \cdot (1-\delta)}. \quad (13)$$

Если тестовый заезд выполняется на горизонтальном участке ($\alpha_1 = 0$), формула (13) примет вид

$$m_{a_2} = \frac{m_{a_1} \cdot \left(g \cdot f + \delta \cdot a_{x`_1}\right)}{g \cdot f + \delta \cdot a_{x`_2} + g \cdot \sin\alpha_2 \cdot (1-\delta)}. \quad (14)$$

Значение массы m_{a2} предлагается по аналогии с работой [1] вычислять многократно при различных значениях скорости движения V_{ai} при разгоне на определенной передаче. Математическое ожидание полученного распределения значений m_{a2i} и будет являться величиной массы автомобиля при текущей загрузке. Такой подход позволяет снизить погрешность определения искомого параметра. Тогда масса автомобиля будет определяться по формуле [1, 4]

$$m_{a_2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_{a2i}}{n}, \quad (15)$$

где n – количество расчетных точек [1],

$$n = \frac{V_{a\max} - V_{a\min}}{\Delta V_a}, \quad (16)$$

где $V_{a\max}$ – максимальная скорость автомобиля при разгоне на определенной передаче; $V_{a\min}$ – начальная скорость автомобиля при разгоне на той же передаче; ΔV_a – шаг между расчетными точками.

Масса груза, очевидно, будет определяться как разность найденной массы автомобиля и его массы в снаряженном состоянии

$$m_{гр} = m_{a_2} - m_{ac}, \quad (17)$$

где m_{ac} – масса снаряженного автомобиля.

Выводы. Предлагаемый метод позволяет уточнить результаты измерения массы автомобиля и массы перевозимого груза в процессе движения по дорогам с продольным уклоном. Это позволяет повысить функциональную стабильность автомобиля и улучшить работу его интеллектуальных бортовых систем.

Литература

1. Абрамов Д.В. Визначення поточної маси автомобіля в процесі руху / Д.В. Абрамов, В.О. Тесля // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета: технические науки. – 2013. – Вып. 40. – С. 41-43.

2. Пат. 63953 Україна, МПК G01G 19/08 (2006.01). Спосіб визначення маси вантажу в колісному транспортному засобі з рухомою підвіскою / С.М. Бабій, О.Д. Фолюшняк; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u 2011 03787; заявл. 29.03.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20, 2011р.

3. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало и др.]. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2011. – 219 с.

4. Пат. 92259 Україна, МПК G01G 19/03, B60W 40/12, B60W 40/13. Спосіб визначення повної маси автомобіля та маси вантажу в процесі руху / Подригало М.А., Абрамов Д.В., Тесля В.О.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 01854; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

© Д.В. Абрамов

5. Агейкин Я.С. Теория автомобиля. Учебное пособие / Я.С. Агейкин, Н.С. Вольская. – М.: МГИУ, 2008. – 318 с.

6. Пат. 2274831 Российская Федерация, МПК G01C7/04. Способ исследования рельефа поверхности посредством гироскопической инерциальной системы измерения пространственного положения / В.А. Иващенко; заявитель и патентообладатель В.А. Иващенко; заявл. 20.09.2004; опубл. 20.04.2006.

7. Patent EP №0274632, IPS G01C7/04 Method and apparatus for measurement of road profile / B. Elson; inventor and applicant Spangler, Elson B.; application 24.11.1987; publication 16.01.1991.

8. Шеин В.С. Определение продольного уклона дороги в процессе движения автомобиля / В.С. Шеин, А.И. Коробко, Д.В. Абрамов, М.А. Подригало // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, 2014. – Вып. 1. – С. 163-168.

9. Динамика автомобиля / [М.А. Подригало, В.П. Волков, А.А. Бобошко, В.А. и др.] под ред. М.А. Подригало. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

10. Тесля В.О. Оценка погрешности показаний акселерометра при измерении ускорений автомобиля на дороге с продольным уклоном / В.О. Тесля, Д.В. Абрамов // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе. Проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, 2015.– Том 2. – Вып. 2 – С. 515-521.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2016

© Д.В. Абрамов

УДК 656.052.8

А.Л. Башинський, С.А. Осташевський
Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б.Хмельницького

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ПІДРЕСОРЕНИХ І НЕПІДРЕСОРЕНИХ МАС АВТОМОБІЛЯ В МОМЕНТ ПЕРЕХОДУ З ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПЛОЩИНИ РУХУ НА ПОХИЛУ

Встановлено, що при переході з горизонтальної площини руху на похилу найбільш небезпечним моментом є сам момент збудження коливань. Показано, що прискорене переміщення підресорених мас відносно центру обертання може призвести до значного зменшення коефіцієнту поперечної стійкості. Отримано залежності для опису взаємних переміщень підресорених та непідресорених мас. Запропонована модель аналізу поведінки різнотипних автомобілів з різним набором елементів підвіски при моделюванні виконання різних випробувальних маневрів.

Ключові слова*: стійкість, автомобіль, статична стійкість, методи випробувань, розрахункова схема.*

А.Л. Башинський, С.А. Осташевський
Национальная академия Государственной пограничной службы Украины им. Б.Хмельницкого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОДРЕССОРЕННЫХ И НЕПОДРЕССОРЕННЫХ МАС АВТОМОБИЛЯ В МОМЕНТ ПЕРЕХОДА С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА НАКЛОННУЮ

Установлено, что при переходе с горизонтальной плоскости движения на наклонную наиболее опасным моментом является сам момент возбуждения колебаний. Показано, что ускоренное перемещение подрессоренных масс относительно центра вращения может привести к значительному уменьшению коэффициента поперечной устойчивости. Получены зависимости для описания взаимных перемещений подрессоренных и неподрессоренных масс. Предложенная модель анализа поведения разнотипных автомобилей с различным набором элементов подвески при моделировании выполнения различных испытательных маневров.

Ключевые слова: *устойчивость, автомобиль, статическая устойчивость, методы испытаний, расчетная схема.*

A.L. Bashinsky, S.A. Ostashevsky
The B. Khmelnytskiy National Academy of State Border Service of Ukraine

BEHAVIOR MODELING OF THE SPRUNG AND THE UNSPRUNG MASSES OF THE CAR IN THE TIME OF TRANSITION FROM THE HORIZONTAL PLANE OF MOTION INTO AN INCLINE

It was established that during the transition from the horizontal plane of motion on an inclined the most dangerous moment is the moment of excitation of oscillations. It is shown that the accelerated movement of the sprung mass relative to the rotation center can lead to a significant reduction of the transverse stability factor. The dependences for the description of the mutual movement of the sprung and unsprung masses were obtained. The model of analysis of the behavior of different types of cars with different set of suspension elements in the simulation performance of various test maneuvers was proposed.

Keywords: *stability, car, static resistance, test methods, design scheme.*

Постановка проблеми. Враховуючи зростаючу потребу Збройних Сил України та інших силових структур в бойових колісних машинах та активізацію діяльності у цьому напрямку як заводів виробників, так і конструкторів, гостро постає проблема у адекватній оцінці поведінки транспортного засобу в умовах руху по пересічній місцевості, при постійній зміні як площин, так і швидкостей руху. Потребує дослідження поведінка в динаміці як уже виготовленого транспортного засобу («Козак», «Cougar», «Барс», «Тритон», «Spartan», «Світязь», Краз-6322 і т.п.), для вибору пріоритетних зразків для комплектування підрозділів або формування рекомендацій по параметрам підвіски для автомобілів, які поки ще перебувають у стадії проектування. Для проектувальників та виробників задля створення конкуренто спроможного зразка важливо спрогнозувати, як будуть поводити себе машини у різних дорожньо-ґрунтових умовах. Визначити, яку максимальну безпечну швидкість прямолінійного стійкого руху може забезпечити машина по пересічній місцевості із заданими кутами косогору або які максимально можливі кути косогорів може стійко долати машина за умови заданої швидкості руху на пересічній місцевості.

Таким чином, запропонована модель розробляється **з метою** вирішення наступних завдань:

© А.Л. Башинський, С.А. Осташевський

1. Моделювання стійкості прямолінійного руху на пересічній місцевості вже виготовленого зразка, який розглядається як альтернативний для прийняття його на озброєння. При цьому його рух моделюється на предмет його відповідності вимозі по забезпеченню встановленої швидкості руху по пересічній місцевості.

2. Вироблення обґрунтованих рекомендацій для конструкторів та виробників щодо параметрів підвіски для задоволення вимог щодо подолання визначених кутів косорогів без втрати стійкості під час руху автомобіля із заданою швидкістю.

Результати досліджень. Для дослідження коливань пружної системи, характерної для сучасних транспортних засобів розглянемо одномасову розрахункову схему автомобіля, яка, як доведено раніше [1, 2, 3], дає конкретні результати. Оскільки незалежні змінні, які обрані узагальненими координатами системи, змінюються у поперечній площині, залишаючись незмінними у поздовжній, то за даних припущень є можливим розглядання плоскої розрахункової схеми. Також прийнято, що вантажна платформа з її несучим елементом (рамою), вантажем та надстройками є твердим тілом, що має поперечну площину симетрії, що дає можливість знехтувати деформацією рами. Контакт шин вважається точковим, тип та тиск у шинах – стандартні. Автомобіль здійснює прямолінійний рівноприскорений рух по горизонтальній площині.

Для дослідження руху підресорених та непідресорених мас автомобіля під час його руху по горизонтальній площині вибрана плоска модель руху у системі координат $Z_0O_0Y_0$, якій відповідає одномасова розрахункова схема (рис. 1) з двома ступенями свободи [1, 3, 4]. Найбільш загальними методами складання рівняння руху подібних механічних систем є застосування варіаційного принципу Гамільтона або рівнянь Лагранжа другого роду.

Важливою перевагою рівнянь Лагранжа другого роду є те, що їх вигляд та число не залежать ні від кількості, ні від характеру тіл, що входять у систему. Кількість рівнянь визначається лише числом ступенів свободи механічної системи, крім того, у рівняння входять узагальнені активні сили, що дозволяє на перед виключити з розгляду невідомі реакції в'язей. Тому вони і були застосовані для дослідження коливань даної механічної системи.

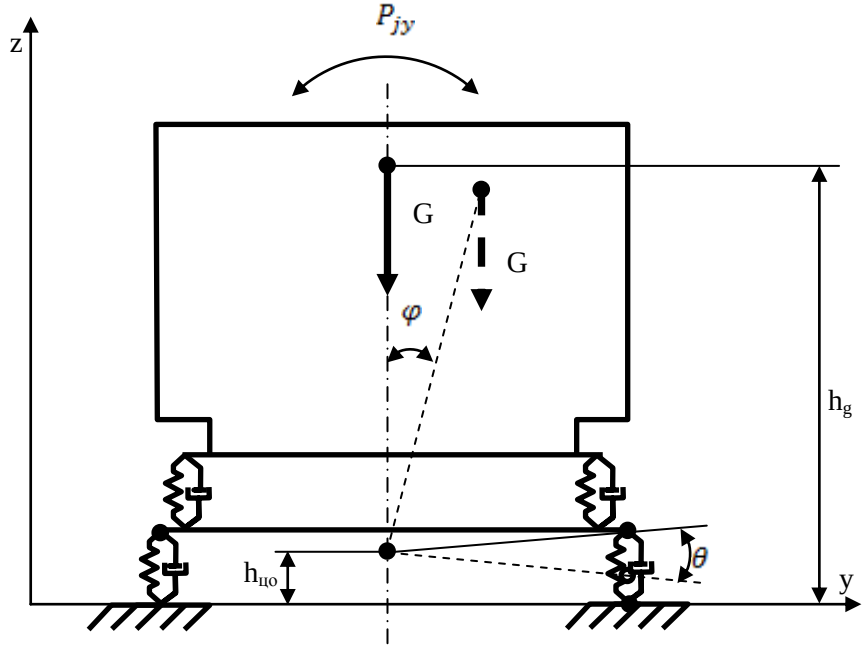


Рис. 1. **Розрахункова схема:**
φ, θ – кути крену підресорених та непідресорених мас; $h_{цо}$ – висота центру обертання підресорених та непідресорених мас.

Для того, щоб скласти вказані рівняння необхідно отримати вирази для кінетичної енергії малих коливань системи, потенціальної енергії та дисипативної функції даної системи [4, 5].

Кінетична енергія системи розглядалась як сума наступних складових:

- енергії обертального руху центру мас підресореної маси навколо центру крену;
- енергії обертального руху мас, зосереджених у центрах правих та лівих коліс, навколо центру крену.

© А.Л. Башинський, С.А. Осташевський

Таким чином, загальна кінетична енергія системи буде рівною:

$$T = \frac{\mu_m \cdot m_a}{2 \cdot (1 + \mu_m)} \cdot r_{пм}^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{m_a \cdot B^2}{8 \cdot (1 + \mu_m)} \cdot \dot{\theta}^2 \quad (1)$$

де, $\mu_m = \frac{m_{пм}}{\sum m_{нм}}$ - коефіцієнт підресорених мас [1];

$m_{пм}$ - маса підресорених мас;

$m_{нм}$ - маса непідресорених мас;

m_a - маса автомобіля;

$r_{пм}$ - радіус обертання підресореної маси;

B - колія транспортного засобу.

Відповідно потенціальна енергія коливань механічної системи розглядалась як така, що складається з:

- енергії вертикального переміщення центру мас;
- енергії вертикальних переміщень центрів мас зосереджених у правих та лівих колесах;
- енергії стиснення демпфіруючих пристроїв.

Тоді, потенціальної енергії системи:

$$\Pi = m_a \cdot g \cdot \varphi^2 \cdot \left(\frac{C_n - r_{пм}}{2} \right) + \frac{m_a \cdot g \cdot B \cdot \theta}{2 \cdot (1 + \mu_m)} \quad (2)$$

де, g - прискорення вільного падіння;

C_n - приведена кутова жорсткість підвіски;

Дисипативна функція системи будувалась виходячи з наступних міркувань. Визначальним для роботи амортизаторів є їхній коефіцієнт опору k_a [1, 4]. Сила опору телескопічного амортизатора:

$$F_a = k_a \cdot \dot{Z}_a \quad (3)$$

де, $\dot{Z}_a$ - відносна швидкість переміщення поршня амортизатора.

Аналогічно визначається сила тертя у гумово-кордовій оболонці шин під час вертикальних їх переміщень (коливань), пропорційна до відносної швидкості деформації шини і залежить від коефіцієнту демпфірування $k_к$ шини коліс.

Вільні коливання в реальних умовах проходять за наявності сил опору, які викликають розсіювання механічної енергії системи. У даному випадку ми маємо два типи сил опору. Зовнішні сили опору будуть пропорційні швидкості руху мас автомобіля, внутрішні – їх відносному переміщенню. Оскільки головною метою даного дослідження є визначення ступеню впливу зміни координат центру мас транспортного засобу на його поперечну стійкість, то цілком вірним буде припущення, що сили опору, діючі на кожну точку системи будуть пропорційними швидкості зміни узагальнених координат. Тоді узагальнені сили опору будуть визначатись як [4]:

$$\Phi = \frac{1}{4} \cdot k_a \cdot B \cdot \left(\dot{\varphi} - \dot{\theta} \right)^2 + \frac{1}{2} \cdot k_к \cdot B \cdot \dot{\theta}^2 \quad (4)$$

Відповідно система рівнянь Лагранжа другого роду для розглядуваної механічної системи прийме наступний вигляд:

© А.Л. Башинський, С.А. Осташевський

$$\begin{cases} \ddot{\varphi} + \dfrac{B \cdot k_a \cdot \xi}{2 \cdot m_a \cdot r_{пм}^2} \cdot \left(\dot{\varphi} - \dot{\theta}\right) + \dfrac{\xi \cdot g \cdot \left(C_n - r_{пм}\right)}{r_{пм}^2} \cdot \varphi = 0 \\ \ddot{\theta} + \dfrac{2 \cdot \left(1 + \mu_m\right) \cdot \left(k_a + 2 \cdot k_к\right)}{B \cdot m_a} \cdot \dot{\theta} - \dfrac{2 \cdot k_a \cdot \left(1 + \mu_m\right)}{B \cdot m_a} \cdot \dot{\varphi} + \dfrac{2 \cdot g}{B} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

де,

$$\xi = \frac{1 + \mu_m}{\mu_m} \quad (6)$$

Характеристичне рівняння системи матиме наступний вигляд:

$$x \cdot \left[x^3 + \left(a + c\right) \cdot x^2 + \left(a \cdot c - d\right) \cdot x + b \cdot c\right] = 0 \quad (7)$$

де,

$$a = \frac{B \cdot k_a \cdot \xi}{2 \cdot m_a \cdot r_{пм}^2};\ b = \frac{\xi \cdot g \cdot \left(C_n - r_{пм}\right)}{r_{пм}^2};\ c = \frac{2 \cdot \left(1 + \mu_m\right) \cdot \left(k_a + 2 \cdot k_к\right)}{B \cdot m_a};\ d = \frac{k_a^2 \cdot \left(1 + \mu_m\right)^2}{2 \cdot \mu_m \cdot m_a^2 \cdot r_{пм}^2}.$$

Отже, рівняння (7) матиме два дійсних кореня та два комплексних спряжених кореня наступного вигляду:

$$x_1 = 0;\ x_2 = -n_1;\ x_3 = -n_2 + i \cdot k_2;\ \bar{x}_3 = -n_2 - i \cdot k_2.$$

Таким чином, коливання механічної системи слід розглядати як накладання один на одного затухаючого коливання та аперіодичних рухів системи. За вихідних умов, при яких $t = 0$, $\varphi(0) = \varphi_0$, $\dot{\varphi}(0) = 0$, для однорідної системи диференційних рівнянь (5) рух підресорених мас буде описуватись виразом:

$$\varphi(t) = -\varphi_0 + \varphi_0 \cdot e^{-n_1 \cdot t} + e^{-n_2 \cdot t} \cdot \left[\varphi_0 \cdot \cos\left(k_2 \cdot t\right) + \varphi_0 \cdot \frac{n_2}{k_2} \cdot \sin\left(k_2 \cdot t\right)\right] \quad (10)$$

Розв'язок неоднорідної системи рівнянь (5) отримано за допомогою командного блоку Given-Odesolve програмного середовища Mathcad [6] (рис. 3).

Розглянемо випадок переходу транспортного засобу від руху по горизонтальній до руху по похилій площині (рис 2).

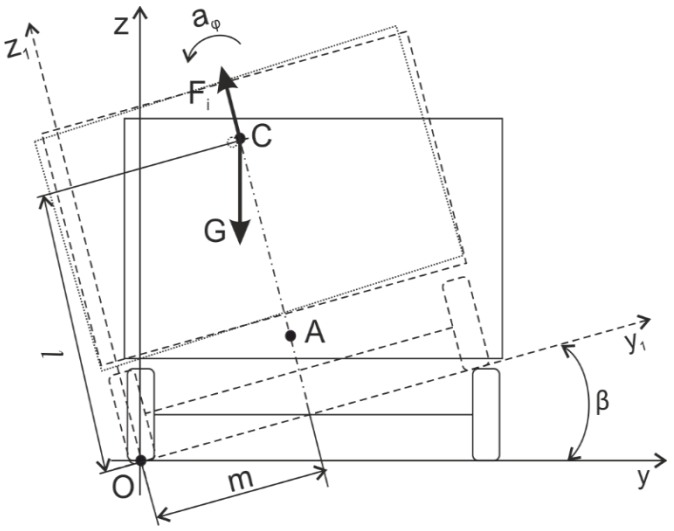


Рис. 2. **Розрахункова схема сил для визначення коефіцієнту поперечної стійкості з урахуванням сил інерції обертального руху підресорених мас.**

На відміну від існуючих підходів до визначення коефіцієнту поперечної стійкості в пропонованій моделі розглядається перекидаючий момент, що формується вагою автомобіля відносно центру приведення сил (т. О) та складовою сили інерції (F_i), що виникає у результаті переміщення підресорених мас відносно центру обертання підресорених та непідресорених мас (т. А) із прискоренням $\ddot{\varphi}_{\max}$ (яке доцільно визначати за початкових умов: $\varphi(0) = 0; \dot{\varphi}(0) = \dot{\varphi}_0$, де φ - кут крену підресорених мас), відносно центру приведення сил (т. О). Відповідно, сума моментів сил відносно т. О (умова забезпечення стійкого руху за перекиданням):

$$\sum M_o = F_i \cdot l + G \cdot l - G \cdot m = 0;$$

$$\tan\beta = \frac{B \cdot g}{2 \cdot h \cdot \left(g + \frac{\mu_m}{1+\mu_m} \cdot \ddot{\varphi} \right)}$$

Таким чином, за наявності поперечно-кутових коливань можливим збільшенням коефіцієнту поперечної стійкості автомобіля є зменшення прискорення $\ddot{\varphi}$ руху підресорених мас, що може дасягатись підбором параметрів пружних елементів підвіски та мінімально-можливої висоти вантажної платформи, оскільки:

$$\lim_{\ddot{\varphi}\to 0} \left(\frac{B \cdot g}{2 \cdot h \cdot \left(g + \frac{\mu_m}{1+\mu_m} \cdot \ddot{\varphi} \right)} \right) \to \frac{B}{2 \cdot h}$$

що є максимальним значенням коефіцієнту поперечної стійкості.

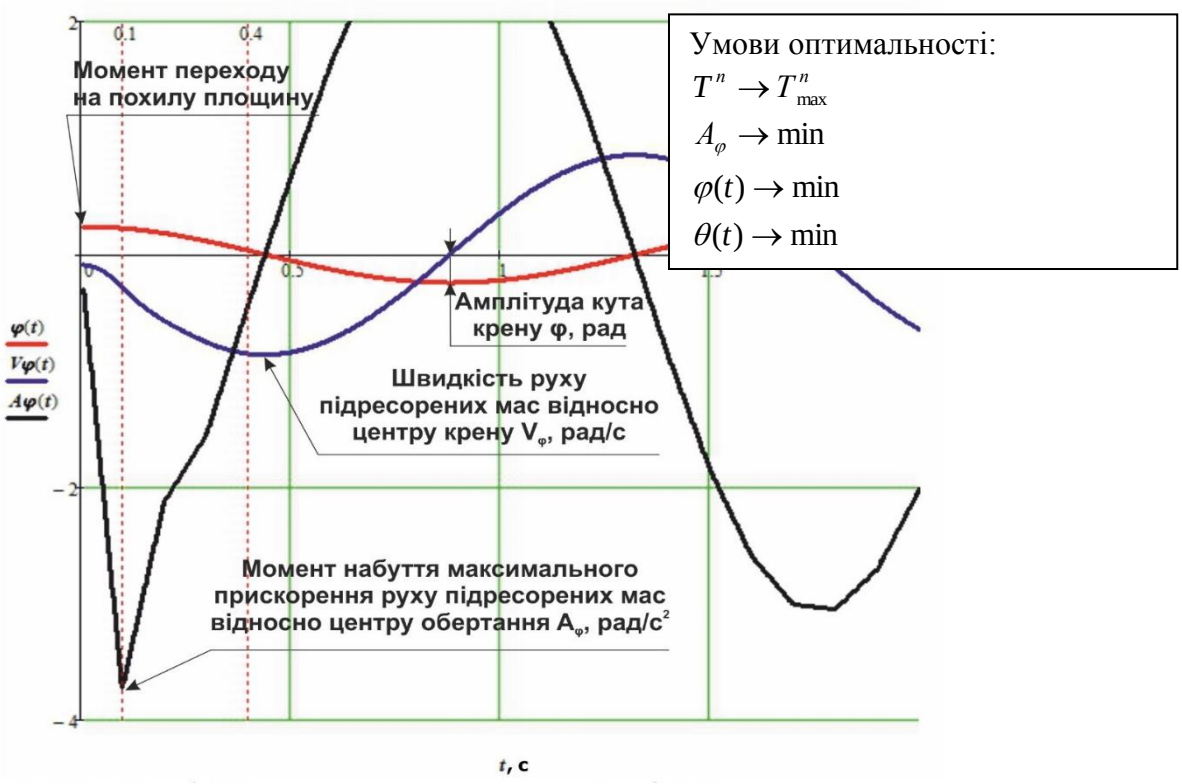


Рис. 3. **Приклад моделювання поведінки підресорених та непідресорених мас автомобіля ЗІЛ-431410**

© А.Л. Башинський, С.А. Осташевський

Аналіз графіків (рис. 3) отриманих у результаті розв'язку системи рівнянь (5) показав, що найбільш небезпечним моментом є сам момент збудження коливань. У перші долі секунди підресорені маси набувають максимального прискорення, що (для прикладу розглядався гіпотетичний автомобіль з технічними характеристиками близькими до автомобіля ЗІЛ - 431410, при $\varphi_0 = 0.24$ рад, що відповідає нормативному поперечному ухилу дорожнього полотна 25%) може призвести до зменшення коефіцієнту поперечної стійкості на 20% і більше, за відсутності додаткових збурень при подальшому прямолінійному та рівноприскореному русі автомобіля можливе відхилення даного показника становитиме близько 5%, що може належати до статистичної похибки вимірювань.

Характер отриманих залежностей дозволяє провести апроксимацію функції для визначення прискорень у початковий момент руху після завершення дії збурюючих сил.

Висновки. Отже, оптимальним варіантом підбору складових частин підвіски по забезпеченню поперечної стійкості буде той, при якому буде мінімальним час затухання коливань непідресорених мас $\theta(t)$, максимальним період коливань підресорених мас $T^n_{\max}$, мінімальною амплітуда значень кута крену підресорених мас автомобіля $\varphi(t)$ та прискорення руху підресорених мас відносно центру обертання $A\varphi(t)$.

Запропонована модель може з користю бути використана для також і для аналізу поведінки різнотипних автомобілів з різним набором елементів підвіски при моделюванні виконання різних випробувальних маневрів на стійкість та керованість.

Література

1. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підручник / І.А. Вікович. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. - 672 с.

2. Башинський А. Л. Розрахункові схеми статичної поперечної стійкості / А.Л. Башинський // Автошляховик України. – 2015. - №3 (245). – С. 22-23.

3. Башинський А. Л. Альтернативний підхід до оцінки поперечної стійкості автомобіля / А. Л. Башинський // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - 2015. - Вып. 71.

4. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с., ил.

5. Іванов Б.О. Конспект лекцій із теоретичної механіки: навчальний посібник / Б.О. Іванов, М.В. Максюта. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2012. – 207 с.

6. Кирьянов Д.В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.: ил. + Видеокурс – (В подлиннике).

Стаття надійшла до редакції 04.03.2016.

© А.Л. Башинський, С.А. Осташевський

УДК 656.13

В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.В. Цимбал, Г.Ю. Тодорашко
Вінницький національний технічний університет

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Розглянуто фактори, які формують рівень ефективності і безпеки функціонування транспортної системи міста. Запропоновано усунути ряд серйозних проблем в області дорожнього руху шляхом вдосконалення інфраструктурного забезпечення.

Ключові слова: *транспортна система міста, транспорт, містобудування, організація дорожнього руху.*

В.В. Биличенко, В.Л. Крещенецкий, С.В. Цымбал, Г.Ю. Тодорашко
Винницкий национальный технический университет

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА

Рассмотрены факторы, которые формируют уровень эффективности и безопасности функционирования транспортной системы города. Предложено устранить ряд серьезных проблем в области дорожного движения путем совершенствования инфраструктурного обеспечения.

Ключевые слова: *транспортная система города, транспорт, градостроительство, организация дорожного движения.*

V. Bilichenko, V. Kreschenetskyy, S. Tsymbal, H. Todorashko.
Vinnytsia National Technical University

THE PROBLEMS IN THE PLANNING OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF MODERN CITIES AND THEIR SOLUTIONS.

The factors that shape the efficiency and security of the transportation system of the city. A fix some serious problems in traffic by improving infrastructure provision.

Keywords*: city transportation system, transportation, urban planning, traffic organization.*

Постановка проблеми. Системні збої в дорожньому русі призводять до різкого збільшення витрат часу на перевезення, підвищення витрати палива, зростання числа дорожньо-транспортних пригод, погіршення екологічної ситуації. В кінцевому підсумку такий стан веде до підвищення собівартості автомобільних перевезень, зниження їх якості та надійності, зменшення ефективності роботи всіх міських служб, відчутного погіршення якості життя населення і, як наслідок, до зростання соціальної напруженості.

Результати досліджень. Аналіз ситуації, що складається в великих містах України, показує, що перевантаженість рухом міських дорожніх мереж обумовлена сукупним впливом ряду факторів різноспрямованої дії (рис. 1).

Складна внутрішня структура і взаємний вплив цих факторів з усією очевидністю свідчать про те, що проблеми транспортної мережі міста в сфері дорожнього руху мають комплексну природу і вимагають системного підходу до їх вирішення, який сьогодні слід розглядати як здійснення інтегрованої політики в галузі транспорту, містобудування та землекористування [2].

Сформована практика планування землекористування в містах без урахування транспортних проблем привела до труднощів реалізації принципів розробленої транспортної стратегії нашої країни. Причина існуючого дефіциту доріг складається, в основному, в слабкому перспективному плануванні розвитку дорожньої мережі міста, що приводить до неможливості реконструкції існуючих доріг та влаштування нових напрямків для пропуску більш інтенсивних транспортних потоків. Однак цілком зрозуміло, що наслідки змін в транспортній інфраструктурі позначаються на практиці землекористування негайно (іноді навіть до відкриття інфраструктурного об'єкта) і продовжують позитивно позначатися на протязі тривалого часу.

Для формування раціональної структури міського землекористування при розробці стратегії розвитку міста і планів функціонального зонування території потрібні розрахункові моделі, що враховують основні властивості різних її ділянок і основні закономірності розвитку видів міського землекористування. Використання міських територій має спиратися на ретельне вивчення тих закономірностей, які забезпечують економічну вигідність їх використання для різних категорій землекористувачів, видів міських функцій (міської діяльності).

© В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.В. Цимбал, Г.Ю. Тодорашко

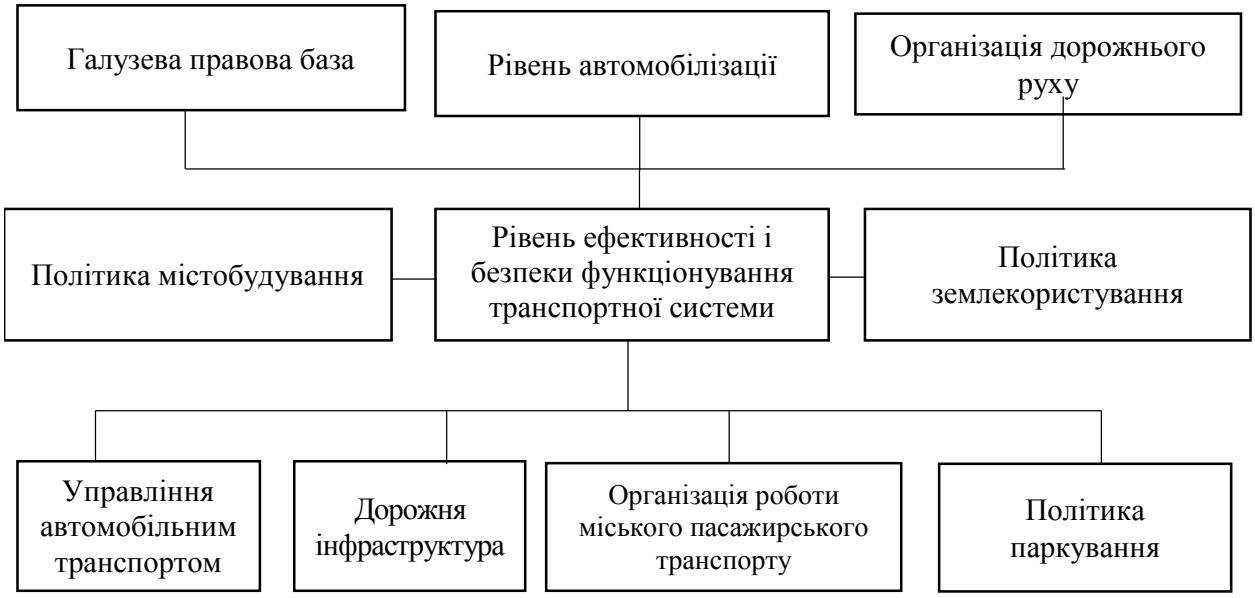


Рис. 1 – **Фактори, що формують рівень ефективності і безпеки функціонування транспортної системи міста**

Для цілей моделювання функціонально-просторового розвитку міста та оцінки території на перше місце, звичайно, виступають ціноутворюючі якості, що впливають на розміщення об'єктів по території міста: тип функціонального використання нерухомості та якість місце розташування.

До якостей розташування, крім різних видів доступності, екологічних характеристик, відноситься і наявність особливих обмежень при використанні території. Такі обмеження можуть виникати через умови землекористування, що висунуті з боку інших, сусідніх функцій, а також через зміни міського середовища, породжених діяльністю цих функцій і, в першу чергу, стосуються необхідних змін транспортної інфраструктури, з метою зниження витрат часу на різні пересування.

Питання організації і забезпечення безпеки дорожнього руху в містах не представлені в системі містобудівної документації у вигляді акцентованих предметів проектування, а тому ця система не містить ні самостійних стадій проектування, ні керівних матеріалів з цих питань, ні відповідних розділів в існуючих керівних матеріалах.

У бюджетах більшості міст країни не передбачаються кошти на розробку і коригування містобудівної документації. Однак право вибору стратегії розвитку транспортної системи міста належить муніципалітетам. Користуючись цим правом, адміністрації міст формують основну мету розвитку транспортної системи міста або окремих її підсистем. Важливо, щоб ця мета визначала не тільки економічну вигоду, як це часто буває, а й охоплювала весь комплекс напрямків, яких торкається даний розвиток.

Для того щоб відповідати сучасним вимогам, транспортна система міста повинна постійно вдосконалюватися шляхом будівництва або реконструкції, створюючи такі елементи, як магістралі швидкісного або безперервного руху, рейкові шляхи сполучення. Досягнення ефективності транспортних систем зводиться до складної комплексної задачі оптимізації взаємодії вищеназваних елементів з іншими не швидкісними транспортними артеріями і видами міського транспорту, який забезпечує ефективне та багатофункціональне використанням території, що знаходиться в зоні впливу магістралей, а це пов'язано, в свою чергу, з планувальною структурою міста [3].

Удосконалення мережі міських дорожніх мереж, впорядкування міського пасажирського транспорту і забезпечення достатньої кількості паркувальних майданчиків повинні визначатися як важливі напрямки реконструкції, одним з результатів якої повинна бути соціальна ефективність, яка полягає в поліпшенні умов життя населення, скорочення витрат часу на різні пересування.

Роль каркасу транспортної системи міст з населенням менше 1 млн і понад 400 тис. осіб в міських умовах щільної забудови, земельного дефіциту, повинна бути відведена позавуличному наземному рейковому пасажирському транспорту підвищеної провізної здатності, який повинен доповнюватися мережею нерейкового транспорту. Цілісність транспортної системи міста в цьому

випадку забезпечується створенням транспортно-пересадочних вузлів з інтеграцією різних видів транспорту [4].

Причиною і однією з проблем слабкого розвитку транспортних систем міст є відсутність стратегічного дорожньо-транспортного документа, який би відповідав всім необхідним вимогам.

Сьогодні складається ситуація, коли, маючи в розпорядженні повний набір розроблених документів регіонального та місцевого рівня в області розвитку дорожньо-транспортного комплексу, муніципальні служби виявилися не в змозі системно здійснювати процес транспортного планування.

Виникає необхідність у розробці документа не стільки в розвиток вже створених документів генерального планування, скільки якогось керівництва в прийнятті середньострокових і оперативних рішень, спрямованих на поліпшення транспортної ситуації в містах. Потрібен максимально функціональний документ як основа прийняття оперативних управлінських рішень в області транспортного планування міст.

Таким документом, що враховує особливості кожного міста, могла б стати - Концепція транспортного планування та організації руху на території міста. Дана Концепція повинна визначати мету, завдання, пріоритети, основні напрями формування транспортної політики органів місцевого самоврядування міст і механізми її реалізації.

Об'єктами додатків Концепції на всіх рівнях впливу (управлінський, законодавчий, організаційно-технічний) пропонується розглядати: транспортне планування; організацію дорожнього руху; вдосконалення маршрутної мережі міського пасажирського транспорту; формування паркувальної політики.

Концепція повинна акумулювати в собі всі ідеї, висловлені в минулому і закріплені у вигляді різних рішень, постанов і розпоряджень з усіх питань в галузі транспортного планування, організації дорожнього руху, і формувати системний підхід до управління цими процесами.

Питання транспортного планування повинні вирішуватися безпосередньо при плануванні територій міста, ґрунтуючись на положеннях генерального плану міста, за двома одночасно здійснюваними напрямами: перший - деталізація генерального плану - є розробкою документації в розвиток генерального плану; другий - програмно-цільове планування - передбачає розробку спеціалізованих програм розвитку окремих компонентів транспортної системи міста, пов'язаних з питаннями транспортного планування територій.

На питанні організації дорожнього руху слід зупинитися окремо. Рівень організації дорожнього руху у великих містах України значно відстає від рівня, досягнутого в містах більшості європейських країн. Причому відставання це більшою мірою пояснюється аж ніяк не слабкістю теоретичного опрацювання проблем організації руху, а незадовільною практикою реалізації відомих методів організації дорожнього руху. Інша причина такого відставання криється у відсутності системного підходу до проектування організації дорожнього руху, особливо комплексного проектування на мережевому рівні. Саме на цьому етапі і закладаються основи оптимізації дорожнього руху на міський дорожньої мережі.

В даний час в країні фактично відсутня нормативно встановлена єдина система і структура управління організацією дорожнього руху. В Україні ні на одному рівні влади немає органу, який відповідає за організацію дорожнього руху. Одна з можливостей виправлення ситуації на краще в сьогоднішніх економічних умовах - це створення спеціальної структури для здійснення всього комплексу заходів, пов'язаних з організацією дорожнього руху.

З метою розробки та реалізації такої політики в Міністерстві інфраструктури України необхідно створити для цих цілей - Департамент по організації дорожнього руху, який міг би взяти на себе здійснення таких функцій, як: розробка державної політики (довгострокових стратегій, концепцій і т. д.) в області забезпечення ефективного функціонування транспортних систем міст; організацію розроблення технічних регламентів, правил, стандартів, посібників та інших подібних документів в сфері планування, проектування, організації роботи транспортних систем міст і організації дорожнього руху в містах; створення системи моніторингу транспортної ситуації у великих містах, а також моніторингу транспортного попиту; створення системи державної експертизи транспортних розділів генеральних планів розвитку територій, транспортної експертизи великих інвестиційних проектів і розробка рекомендацій по експертизі транспортних планів, моделювання транспортних систем, формування структур для реалізації експертних функцій міністерства і т. д.

© В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.В. Цимбал, Г.Ю. Тодорашко

У структурі ж регіональних органів управління транспортом і муніципалітетів великих міст необхідно створення підрозділів, що забезпечують реалізацію державної політики в галузі організації дорожнього руху з урахуванням специфічних особливостей їх транспортних систем.

Розглянуті в статті питання дійсно складні, проблемні, комплексні, і навряд чи їх можна вирішити миттєво. Вони вимагають точного аналізу і прогнозування наслідків проведених заходів.

Висновки.

1. Необхідність розробки і прийняття нормативного документу, що регулює проектування транспортних мереж великих міст України.
2. Необхідна розробка і включення в систему довгострокового містобудівного планування механізмів резервування землі і коридорів під магістральні дороги, а також під транспортну та дорожню інфраструктуру (розв'язки автомагістралей, стоянки автомобільного транспорту та ін.).
3. Організація і безпека дорожнього руху повинна виступати в якості самостійного об'єкта проектування, в іншому випадку розробники проектів, також як і їх замовники, не зобов'язані включати їх в містобудівні проекти.
4. Необхідність створення центрів організації дорожнього руху у всіх великих містах України.
5. Необхідний інтенсивний розвиток у великих містах України міського пасажирського транспорту, створення для нього пріоритетних умов руху; його виведення, де це є реально можливим, на новий рівень транспортних систем - швидкісний пасажирський транспорт.
6. Необхідно переглянути планування дорожньої мережі там, де її структура не дозволяє пропускати сучасні потоки транспорту, шляхом формування мережі швидкісних магістралей.

Комплексність прийнятих рішень, що включають координацію діяльності у сфері організації дорожнього руху з діяльністю в сфері землекористування, містобудування, дорожнього будівництва, розвитку міського пасажирського автотранспорту, дасть певний шанс зробити життя в великих містах краще.

Системне вирішення всіх розглянутих напрямків поліпшення транспортних проблем міст дозволить в майбутньому забезпечити необхідні умови досягнення безпеки дорожнього руху, високу якість транспортного обслуговування, ефективне використання всіх видів міських ресурсів, підвищення ступеня використання міських територій, поліпшення якості життя населення.

Література

1. Якимов М.Р. Транспортные системы крупных городов. Анализ режимов работы на примере города Перми / Якимов М.Р.– Пермь: Изд- во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 184 с.
2. Донченко В.В. К вопросу о разработке и реализации единой государственной политики в области организации дорожного движения / Донченко В.В., Кунин Ю.И., Казьмин Д.М. // Транспортная безопасность и технологии (журнал-каталог).– 2007. – № 3.– С. 25–37.
3. Пугачёв И.Н. Проблемы модернизации транспортных систем городов / Пугачёв И.Н. / Транспортное строительство. – 2008. – № 8. – С. 5 – 9.
4. Александер К.Э. Скоростной рельсовый транспорт в градостроительстве / Александер К.Э., Руднева Н.А. – М.: Стройиздат, 1985. – 139 с.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2016

© В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.В. Цимбал, Г.Ю. Тодорашко

УДК 658.013.3

В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.Й. Зелінський, В.С. Грех
Вінницький національний технічний університет

ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ

Визначено ефективність діючих систем автосервісу в залежності від співвідношення підприємств різної потужності. Розроблено модель, яка описує автосервісну систему як техноценоз, що визначає додаткові умови функціонування автосервісу.

Ключові слова: *автосервісне підприємство, дилер, модель організації, управління, автосервісна система, ринкові відносини*

В.В. Биличенко, С.В. Цымбал, В.И. Зелинский, В.С. Грех
Винницкий национальный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОСЕРВИСА

Определена эффективность действующих систем автосервиса в зависимости от соотношения предприятий разной мощности. Разработана модель, которая описывает автосервисную систему как техноценоз, что определяет дополнительные условия функционирования автосервиса.

Ключевые слова: *автосервисное предприятие, дилер, модель организации, управления, автосервисная система, рыночные отношения.*

V. Bilichenko, S. Tsymbal, V. Zelinsky, V. Grekh
Vinnytsia National Technical University

FORMATION OF RATIONAL CAR SERVICE STATIONS

Efficiency of the operating systems of car-care center is certain depending on correlation of enterprises of different power. A model that describes the autoservice system as техноценоз is worked out, that determines the additionalss of functioning of car-care center.

Keywords: *autoservice enterprise, dealer, model of organization, management, autoservice system, market relations.*

Постановка проблеми. Можна вважати, що існуюча в минулому структура автосервісних підприємств у якісному розвитку досягла бар'єра ефективності. Відсутність науково-обгрунтованих 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.

Щоб забезпечити високу якість профілактики і ремонту зростаючої кількості легкових автомобілів необхідно сформувати потужнісну структуру автосервісних підприємств на науковій основі. З урахуванням фінансових і природно-ресурсних обмежень управління розвитком структури підприємств різної потужності в автосервісній системі потрібно поліпшити, оптимізуючи істотні параметри за допомогою модельного експерименту до її практичної реалізації. У той же час методи визначення раціонального складу підприємств різної потужності в автосервісній системі практично відсутні. Це визначає пріоритетність розв'язання задачі теоретичного обґрунтування і математичного визначення оптимального співвідношення кількості великих, середніх, малих і дрібних підприємств в автосервісних системах міста, району, області або регіону.

Результати досліджень. Перехід до ринкової системи господарювання гостро ставить питання підвищення ефективності виробництва автосервісних підприємств, якості послуг по ремонту і технічному обслуговуванню автомобілів, застосування передових методів організації і управління виробництвом для раціонального використання ресурсів, аналізу, виявлення і реалізації потенційних можливостей всіх ланок ринкової економіки і вимагає науково обґрунтованих підходів до їх вирішення.

Розвиток автосервісних підприємств є обов'язковою умовою ефективності торгівлі на внутрішніх ринках країни і головним фактором фінансового успіху в цій роботі. Інтенсивне обслуговування автомобілів після продажу в Японії, Франції, Великобританії, США та в інших країнах підтверджує, що сервісне обслуговування є важливою статтею прибутків і основним критерієм розвитку бізнесу на зовнішньому ринку.

Підвищення якості послуг забезпечується стрункою системою управління виробництвом, яка базується на загальних законах управління, системному підході, організаційних принципах

© В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.Й. Зелінський, В.С. Грех

концентрації, спеціалізації і кооперування, а також оптимізації виробничих процесів, які забезпечують фінансовий успіх і ефективне функціонування виробництва.

Незважаючи на високі темпи автомобілізації країни, рівень виробничих послуг залишається незадовільним, якість обслуговування і ремонту, а також ціни на виконання визначених видів послуг не завжди задовольняють споживачів, не працюють у повній мірі інформаційні системи матеріально-технічного і рекламного забезпечення.

Цілі автосервісних підприємств:

– забезпечувати задоволення клієнтів як обслуговуванням, так і фірмою;

– забезпечувати кращий сервіс в районі обслуговування.

Автотехцентри автодилерських фірм орієнтовані на виконання таких завдань: передпродажна підготовка нових машин; передпродажний ремонт бувших у користуванні машин; гарантійний ремонт проданих нових і бувших у користуванні машин; комерційне регламентне обслуговування техніки; комерційне попереджувальне обслуговування (регулювання і т. д.); комерційне реабілітаційне обслуговування (ремонт); комерційне надання (прокат) ремонтних потужностей тим, хто бажає самостійно обслуговувати свої машини за умови покупки ними запчастин і матеріалів у дилера; всі види обслуговування власного парку техніки; надання ремонтних потужностей своїм співробітникам, що бажають самостійно ремонтувати особисті машини; ремонт бувших у користуванні вузлів і агрегатів для фонду відновлених запасних частин.

Завдання формуються так, щоб сприяти виявленню і усуненню проблем. За результатами опитування клієнтури і співробітників слід вживати належних заходів, аби у співробітників було очевидне прагнення до поліпшення в роботі, а в клієнтів – бажання продовжувати співпрацю. Хороший сервіс за стандартами великих автокомпаній, передбачає: високоякісне обслуговування і ремонт техніки, доставку автомобілів після обслуговування точно в обіцяний день і годину, розумні ціни, доброзичливе обслуговування замовників, ефективну, акуратну і швидку офісну роботу - оформлення замовлень, підготовку документації і так далі.

Ефективність діючих систем автосервісу істотно залежить від співвідношення підприємств різної потужності. З урахуванням цього розвинуті країни переорієнтувалися на реалізацію гнучкої і широкої мережі різноманітних за потужністю автосервісні підприємства - від найменших і середніх до великих і дуже великих. Аналіз ступеня обґрунтованості їх співвідношення підтвердив, що незважаючи на частковий збіг закономірностей розвитку в різних країнах, моделі і критерії оптимізації потужнісної структури підприємств автосервісної системи відсутні. Структура потужностей раніше була далека від раціональної й описати її визначеною залежністю практично неможливо. Це стало наслідком пануючої в той період помилкової концепції: вважалося, що розвиток автосервісу доцільно вести на базі будівництва великих СТО. Основними перевагами їх є більш високі продуктивність праці і технологія ТО і ТР автомобілів. Проте не враховувалося, що будівництво великих станцій приводить до збільшення площі території, що обслуговується, а значить і зростання витрат власників автомобілів на поїздки до СТО. Тим самим ігнорувалася зацікавленість населення у наближенні СТО до місця проживання, що можна досягнути лише будівництвом автосервісних підприємств малої потужності.

Аналізом виявлено також неузгодженість закономірностей росту парку легкових автомобілів і автосервісних підприємств ряду промислових центрів України і СНД, що являється основним протиріччям між можливостями автосервісної системи і зростаючим об'ємом потреб у послугах.

Аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду удосконалення потужнісної структури автосервісних підприємств таких систем свідчить, що методи модельного управління її формуванням, а також пошук раціонального співвідношення різних за потужністю підприємств в автосервісній системі заданої території практично відсутні.

На відміну від детерміністського підходу (опис автосервісної системи, її підсистем і елементів звичайно зводять до лінійних моделей), запропонований методичний підхід розглядає автосервіс як складну імовірнісну систему. Для вивчення її властивостей використовується статистичний підхід. За результатами спостережень і вимірювань характеристик досліджуваної властивості встановлюється розподілення, параметри якого - це своєрідний "алфавіт", що включає просторово-часову, інформаційну, енергетичну та документальну характеристики, рівень упорядкованості структури (відхилення системи від стійкої рівноваги). Вибір розподілення базується на розумінні механізму досліджуваних явищ в системі і факторів, що формують кінцеву мету її функціонування - задоволення потреб населення в перевезеннях індивідуальними транспортними засобами. На досягнення кінцевого результату впливає більш 20-ти факторів. З достатнім ступенем достовірності оцінено вплив керованих факторів і прогнозовано основні

© В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.Й. Зелінський, В.С. Грех

напрямки підвищення ефективності автосервісних систем: поліпшення структури потужностей і дислокації автосервісних підприємств на заданій території (48%), використання високих технологій профілактики, діагностування, усунення несправностей і ремонту (25%), а також сертифікація автосервісних послуг (20%). Відповідно до концепції стійкого розвитку автосервісної системи, при якому її прогрес відбувається на основі якості роботи оптимальної сукупності автосервісних підприємств при відносній стабілізації їх виробничо-технічної бази, робочу гіпотезу сформульовано так: "Систему автосервісу на заданій території варто розглядати не просто як випадкову сукупність автосервісних підприємств будь-якої потужності, а як теоретично обґрунтоване і математично визначене оптимальне співвідношення класів дрібних, малих, середніх і великих автосервісних підприємств, продиктоване законом інформаційного добору їх видів".

На сучасному етапі гостра конкурентна боротьба робить обов'язковою умовою успішної торгівлі на ринку сервісних послуг організацію численних дрібних і малих автомайстерень (work-shop), міні-СТО, пунктів контролю і діагностики, профілактики й усунення несправностей, консультаційних, навчальних і автосервісних центрів, що функціонують на певній території як одне ціле.

Розробкою моделей автосервісних підприємств займалося багато вчених і дослідників. Аналіз і оцінка методів формування мережі, розмірів і ефективності функціонування АСП підтвердили, що існуючі економіко-математичні моделі дозволяли досліджувати показники СТО в просторі визначеної постановником розмірності. Задачі зводилися до пошуку кращого екстремуму, по якому, порівнюючи варіанти технічних рішень АСП, вибирали оптимальний для переходу на більш високу продуктивність або до нових організаційних форм технологічних процесів. Однак оптимізувати співвідношення підприємств різної потужності в автосервісній системі для заданої території за допомогою відомих моделей не вдається.

Для вирішення поставленої задачі знадобилася розробка моделей, які описують автосервісну систему як техноценоз, що визначає додаткову умову функціонування автосервісу: стійка структура потужностей будь-якого сімейства підприємств, утворюючих систему для певної території, підпорядковується об'єктивно існуючій закономірності, яку необхідно знайти.

При побудові моделі виходили з того, що сучасний сервіс України утворений множиною слабозв'язаних і слабовзаємодіючих між собою підприємств, із загальною кількістю постів порядку, чисельністю працюючих і об'ємом автосервісних послуг.

Згідно з теорією інформаційного відбору на сукупність автосервісних підприємств, як систему заданої території, накладається необхідна умова існування - сталість розвитку їх потужнісної структури. Сталість описується видовим розподіленням. Видом вважається автосервісне підприємство, що відрізняється якісними і кількісними показниками: характером послуг, чисельністю фахівців із вищою освітою і техніків, числом робочих постів, стендів, приладів і ін. За спільністю властивостей і ознак їм можна присвоїти певну таксономічну категорію, в яку об'єднуються однорідні автосервісних підприємств із певними ознаками, що стійко зберігаються в часі.

З урахуванням результатів дослідження і досвіду розвинутих країн вироблено системні принципи побудови перспективної автосервісної системи управління працездатністю, екологічною і транспортною безпекою легкових автомобілів:

- автосервісна система конкретного регіону, області і міста повинна створюватися з урахуванням вимог гіперболічного розподілення видів автосервісних підприємств за повторністю, що забезпечує їх раціональне співвідношення за потужністю;

- модель організації автосервісних підприємств повинна бути ув'язана з моделями автомобілів, що обслуговуються, і гнучко трансформуватися з урахуванням характеру і трудомісткості профілактичної підтримки їхньої працездатності на основі достовірної діагностичної інформації і вчасно реагувати, щоб забезпечити підприємству достатній прибуток, а власнику автомобіля - його надійну і безпечну роботу;

- держава застосовує жорстке регулювання для захисту суспільних інтересів від шкідливого впливу на безпеку дорожнього руху і навколишнього середовища парку приватних легкових автомобілів за допомогою служб технічного контролю і діагностування на основі законодавчо-правової бази, що установлює вимоги до власників автомобілів;

- функції по інструментальному контролю, приладовому і стендовому діагностуванню, обслуговуванню, підтримці і відновленню працездатності легкових автомобілів із застосуванням високих технологій держава здійснює через органи ДАІ, а також делегує акредитованим

© В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.Й. Зелінський, В.С. Грех

автосервісним підприємствам з наступним наглядом за їхньою діяльністю і якістю виконуваних робіт;

- при оптимізації пропускної здатності діючих автосервісних підприємств слід застосовувати критерій ефективності, що враховує ступінь завантаження автосервісних підприємств і обумовлює зростання інтенсивності заявок означає зниження якості послуг автосервісних підприємств, комплексними показниками якої є кількість несправних автомобілів, що обслуговуються системою та імовірність змушеного простою їх в профілактиці і ремонті.

Запропонований шлях дозволяє охопити якісним і комплексним автосервісним обслуговуванням усі легкові автомобілі без надмірних витрат бюджетних коштів на будівництво і функціонування автосервісних підприємств.

Висновки. В роботі вирішується проблема підвищення ефективності автосервісу шляхом теоретичного обґрунтування раціонального співвідношення кількості різних за потужністю підприємств системи визначеної території, що створює умови для її сталого розвитку. Виконані дослідження процесу формування автосервісу, як імовірної системи підтвердили, що таку систему для конкретного регіону, області, району, міста слід розглядати не просто як випадкову сукупність будь-яких за потужністю автосервісних підприємств, а як теоретично обґрунтоване і математично визначене оптимальне співвідношення дрібних, малих, середніх і великих автосервісних підприємств, продиктоване законом інформаційного відбору їх видів. Вивчення впливу різних факторів підтвердило, що підвищення ефективності роботи автосервісних систем може бути досягнуто за рахунок поліпшення потужнісної структури і дислокації їх підприємств, використання високих технологій профілактики, усунення несправностей та ремонту з застосуванням діагностики, а також сертифікації послуг.

Література

1. Анисимов А.П. Экономика. Планирование и анализ деятельности автотранспортных предприятий / Анісимов А.П.– М.: Транспорт, 1998.

2. Методи формування структури підприємств у системі автосервісу. – [Електроний ресурс]. Режим доступу: http://www.lib.ua-ru.net// (дата звернення 10.02.2016). – Назва з екрана.

3. Формування регіонального ринку автосервісних послуг. – [Електроний ресурс]. Режим доступу: http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-regionalnogo-rynka-avtoservesnyh-uslug (дата звернення 13.02.2016). – Назва з екрана.

4. Применение методов и моделей формирования предложения автосервисных услуг на региональном уровне. – [Електроний ресурс]. Режим доступу: http://auditfin.com/fin/2003 /3/fin_2003_03_rus_04_04_Mudunov/fin_2003_03_rus_04_04_Mudunov.asp (дата звернення 13.02.2016). – Назва з екрана.

Стаття надійшла до редакції 06.03.2016

© В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.Й. Зелінський, В.С. Грех

УДК 629.113
UDC 629.113

В.І. Бодак
Луцький національний технічний університет

ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАРШРУТНИМИ ТАКСІ У м.ЛУЦЬКУ

Подано практичні рекомендації для вдосконалення перевезень маршрутними таксі у м. Луцьку.
Ключові слова: *маршрутне таксі, автобус, пасажирські перевезення.*

В.И. Бодак
Луцкий национальний технический университет

МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК МАРШРУТНЫМИ ТАКСИ В ЛУЦКЕ

Практические рекомендации по совершенствованию перевозок маршрутными такси в. Луцке.
Ключевые слова: *маршрутное такси, автобус, пассажирские перевозки.*

V.I. Bodak
Lutsk National Technical University

MEASURES TO IMPROVE THE QUALITY OF PASSENGER TRANSPORT BY BUS IN LUTSK

Practical recommendations for improving bus transport in the city. Lutsk.
Keywords**:** *taxi, bus passenge*

Маршрутне таксі стало найбільш розповсюдженим видом громадського транспорту в усіх обласних центрах України. Транспортними засобами на лініях є автобуси, що здійснюють перевезення пасажирів на міському або приміському маршруті загального користування за розкладом руху в якому вказано час відправлення з початкової зупинки та прибуття на кінцеву. Причому посадка і висадка відбувається на вимогу пасажирів. В Луцьку посадка та висадка пасажирів здійснюється тільки в чітко визначених місцях, які позначені дорожніми знаками та на зупинках громадського транспорту.

Перші маршрутні таксі у м. Луцьку з'явилися в середині 80-х років. Транспортними засобами були мікроавтобуси ризької автомобільної фабрики РАФ-2203. Власниками цих таксі були державні автотранспортні підприємства. Наприкінці 90-х років в зв'язку з нерентабельністю маршрутні таксі перестають здійснювати пасажирські перевезення. В 1998 році внаслідок малої кількості міських автобусів та тролейбусів мікроавтобуси знову повертаються на лінії м. Луцька. РАФ-2203 мав до 13 пасажирських місць. Це було надзвичайно мало РАФ-2203 замінюють мікроавтобусами Мерседес 207-410 з пасажиромісткістю до 19 місць. В Україну ввозились вантажні мікроавтобуси вставлялись вікна та сидіння і такі транспортні засоби реєструвались як пасажирські. Відстань між сидіннями була некомфортною для проїзду. Сидіння до підлоги кріпились ненадійно. Прохід між сидіннями був вузьким. Пасажиру при виході з мікроавтобуса треба було обов'язково нахилятись для того щоб відкрити двері. В результаті малої пасажиромісткості була потреба в великій кількості таких машин. В Луцьку їх налічувалось біля 280 одиниць. Підвищити якість та комфортабельність перевезень, покращити екологічну ситуацію в місті дала заміна мікроавтобусів Мерседес на автобуси українського виробництва Богдан А091 та А092 (м. Луцьк, м.Черкаси), ЗАЗ I-VAN A07A (м. Запоріжжя) та Еталон БАЗ А079 (м. Бориспіль). Заміну Мерседесів вдалось провести внаслідок проведення конкурсу в 2008році. Умовою участі в цьому конкурсі було наявність у перевізника автобусів з кількістю місць для сидіння не менше 21. Невдалою спробою повернути у комунальну власність частину маршрутів була закупівля 20 автобусів марки Богдан А069 та А144. Ці автобуси було взято в лізинг. Хоча маршрути 15, 15а, 9, 9а були найкращими в місті підприємство-перевізник внаслідок великого штату працівників мало збитки.

Через 3 роки Луцьке підприємство електротранспорту відмовилося від маршрутів 9 та 9а. На маршрутах 15 та 15а надто великі автобуси А144 було замінено тролейбусами. На сьогодні маршрутні таксі перевозять близько 70% всіх пасажирів м. Луцька, 20% припадає на міські

© В.І. Бодак

тролейбуси. З 2010 по 2016 роки було закуплено в республіці Польща та передано комунальному підприємству ЛПЄ близько 30 тролейбусів, що були у використанні. Міська рада впродовж останніх 5 років заявляла про свої наміри значно збільшити перевезення пасажирів тролейбусами. Це мало покращити екологічну ситуацію в місті та зробити зручнішим проїзд пенсіонерам та малозабезпеченим категоріям населення, як відомо вони їздять тролейбусами безплатно. Витрати на перевезення пільгових категорій повинна повертати держава. В результаті невчасних виплат державою субвенцій перевізнику на підприємстві ЛПЄ невчасно виплачувались заробітні плати та щороку приходили страйки водіїв. Це і вплинуло на сповільнення процесу витіснення з ринку міських перевезень маршрутних таксі. Хоча і нині влада міста заявляє про намір замінити 10 маршрутних таксі на тролейбуси на маршруті 17а, що курсують центральними вулицями міста.

В 2016 році закінчуються договори на здійснення пасажирських перевезень, що укладені між луцькою міською радою та перевізниками терміном на 5 років. Будуть проводитись нові конкурси для визначення кращих перевізників та укладатися нові договори з переможцями в цих конкурсах. Конкурси будуть проводитися на основі умов, які розробляє луцька міська рада. Отже, на даний момент є актуальним питання щодо покращення обслуговування пасажирів зі сторони перевізників, які можуть бути затверджені луцькою міською радою при проведення конкурсів у 2016 році. Одною з основних умов покращення здійснення перевезень повинно бути здійснення постійного контролю за дотриманням графіків руху. Завдяки цьому відсутнє скупчення пасажирів на зупинках та автобусів на кінцевих пунктах відстою. При цьому пасажир ,маючи розклад руху маршрутного таксі,виходить на зупинку в конкретний час і знає що чекати автобус йому не прийдеться. Це особливо важливо коли пасажир користується послугою маршрутного таксі для доїзду до місця роботи.

Одним з основних недоліків при русі маршрутних таксі є недоїзд до кінцевіх зупинок, особливо у вечірній час, коли пасажиропотік є незначним. Основною з умов проведення конкурсу повинно бути використання автотранспортних засобів з двигунами, що відповідають стандарту Євро-2, місць для сидіння не менше 21, не менше двох дверей входу та виходу з пневмоприводом. Обов'язковою умовою допуску перевізника до конкурсу повинно бути наявність на маршруті хоча б одного автобуса обладнаного пристроєм для перевезення інвалідів. Луцькою міською радою вже запроваджено систему моніторингу та керування рухом міського транспорту за допомогою системи МАК. За допомогою цієї системи контролюється кількість машин, які виїхали на лінію та реальний інтервал руху між ними. При русі точно по графіку система зображає автобус синім кольором, при випередженні більше як на 3 хвилини - синім кольором, при запізненні більш як 3 хвилини – червоним, причому відхилення від графіка в хвилинах можна побачити по кожному конкретному автобусу. Невстановлені дорожні знаки про зупинки автобусів на всіх маршрутах, не всі зупинки обладнані накриттям від дощу. Для зменшення заторів на дорогах необхідно будувати заїзні площадки для автобусів, що здійснюють посадку або висадку пасажирів на автобусних зупинках. При можливості створювати окрему смугу для руху громадського транспорту, як це робиться у великих містах в європейських державах.

Автор вважає неправильним процес укрупнення підприємств-перевізників оскільки всі необхідні роботи щодо здійснення перевезень та ремонту автотранспорту здійснює власник-тобто дрібний перевізник, а плату за користування оборотним рейсом на маршруті отримує підприємство-власник маршруту. Одною з умов вдосконалення маршрутних перевезень є забезпечення належної професійної кваліфікації управляючого персоналу та проведення необхідної підготовки водіїв, допущених до перевезення пасажирів. Відстій та збереження автобусів у неробочий час повинно здійснюватися на територіях під охороною. Забезпечення належного технічного стану автобусів, планування та облік проведених ремонтів, дотримання положень про робочий час і час відпочинку водіїв – це міри, які приводять до покращення якості перевезень. Вищевказані заходи при їх реалізації дадуть змогу підвищити якість послуг, що надаються перевізниками, а також підвищити безпеку руху на завантажених дорогах міста.

© В.І. Бодак

УДК 656.13

М.В. Бойків, Б.Р. Чудійович
Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ДИСТАНЦІЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РУХУ У ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

Досліджено дистанцію безпеки на автомобільних дорогах залежно рівня зручності руху у транспортному потоці. Встановлено, що у частково зв'язаному потоці автомобілів при зменшенні дистанції безпеки, швидкість рух стрімко знижується. Виявлено, що під час руху в міських умовах руху, де спостерігалась висока щільність транспортного потоку, інтенсивність руху та перерозподіл її у просторі, дотримання дистанція безпеки водіями у таких умовах помітно позначається на їх функціональному стані.

***Ключові слова**: дистанція безпеки, рівень зручності, функціональний стан водія, транспортний потік, швидкість руху.*

М. В. Бойкив, Б. Р. Чудийович
Национальный университет «Львовская политехника»

ДОСЛИДЖЕННЯ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИСТАНЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ.

Исследовано дистанцию безопасности на автомобильных дорогах в зависимости уровня удобства движения в транспортном потоке. Установлено, что в частично связанном потоке автомобилей при уменьшении дистанции безопасности, скорость движение стремительно снижается. Выявлено, что при движении в городских условиях движения, где наблюдалась высокая плотность транспортного потока, интенсивность движения и перераспределение ее в пространстве, соблюдения дистанция безопасности водителями в таких условиях заметно сказывается на их функциональном состоянии.

***Ключевые слова:** дистанция безопасности, уровень удобства, функциональное состояние водителя, транспортный поток, скорость движения.*

M. Bojkiv, B.Chudiyovych
National University «Lviv Polytechnic»

STUDY CHANGES IN THE FUNCTIONAL STATE OF THE DRIVER, DEPENDING ON THE DISTANCE OF SAFETY WHEN DRIVING IN TRAFFIC FLOW.

Investigated the safety distance on roads depending convenience of traffic in the transport stream. Found that partially bound flow of cars with decreasing distance security speed traffic is rapidly declining. Revealed that while driving in urban traffic, where observed high density of traffic flow, traffic flow and redistribution of space, distance driver safety compliance in such conditions significantly affects their functional state.

***Keywords:** safety distance, the level of comfort, functional state of the driver, traffic flow, speed.*

Постановка проблеми. Проблема надійності дорожнього руху вимагає знань зв'язку між психофізіологічними показниками роботи водія під час руху й дорожніми умовами руху автомобіля. Одним з основних показників, який визначає надійність водія і безпеку руху, є здатність водія сприймати та переробляти інформацію. Управління автомобілем вимагає від водія інтенсивної розумової діяльності і підвищеної емоційної напруги, що призводить до стомлення і відповідного зниження працездатності, що призводить до збільшення тривалості реакції.

Інформаційна насиченість сучасного дорожнього руху й високі швидкості автомобілів значно підвищують вимоги до своєчасного й правильного сприйняття дорожньої обстановки. Аналіз нещасних випадків на багатосмугових проїзних частинах вказує на те, що значна кількість дорожньо-транспортних подій виникають внаслідок недотримання безпечної дистанції між транспортними засобами [1]. При обмежених відстанях видимості дотримання безпечної швидкості руху помітно позначається на функціональному стані (ФС) водія. У раніше проведених дослідженнях [2] вказується, що вибір швидкісного режиму значною мірою впливає на безпеку руху, оскільки водій повинен сприймати та аналізувати великий обсяг інформації про характер і режим руху про всіх його учасників.

Тривала робота в умовах інформаційного перевантаження веде до підвищення психічної напруги водія, розвитку стомлення, зниження швидкості руху, зменшення пропускної здатності дороги та погіршення умов руху транспортних потоків [3]. Проведені дослідження показують, що

© М.В. Бойків, Б.Р. Чудійович

водії під час руху у правій смузі дотримуються більшої дистанції до їдучих попереду транспортних засобів, ніж в середній або в лівій смузі руху [4].

При визначенні оптимальних для водіїв швидкостей руху та дистанцій між автомобілями в конкретних дорожніх умовах розглядалась дія мотивів безпеки руху та вільних дій [5].

Для характеристики умов руху при різних дорожніх умовах використовують показник рівня завантаження дороги рухом. Під рівнем завантаження дороги розуміють відношення інтенсивності руху, яка зафіксована на ділянці дороги, що розглядається, до пропускної здатності цієї ділянки [6]. При різній величині рівня завантаження дорога забезпечує різні рівні комфортності та безпеки руху. Аналіз меж застосування різних моделей руху потоку автомобілів, а також спостереження за режимом руху потоку автомобілів різної інтенсивності вказують на можливість існування шести рівнів завантаження дороги рухом від А до Е (від вільних умов до затору) [7].

Проведемо дослідження зміни дистанції із врахуванням їх функціонального стану у міських і позаміських умовах руху.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення дистанції безпеки руху у транспортному потоці у міських і позаміських умовах руху, яка не буде сприяти напруженості роботи водіїв.

Результати досліджень. У вільному транспортному потоці було проведено дослідження інтервалів слідування між автомобілями залежно швидкості руху. Значення інтервалів отримано за результатами відео зйомки. Вимірювання інтервалів слідування ($l_{сл}$) проводилося на ділянці дороги М-06 у межах Львівської області. За результати дослідження інтервалів у транспортному потоці побудовано графік залежності інтервалів слідування від швидкості руху, який наведено на рис.1. Під час оцінки інтервалів слідування за різних швидкостей руху на ділянках ВДМ значний вплив на дистанцію безпеки здійснювали динамічні властивості автомобілів.

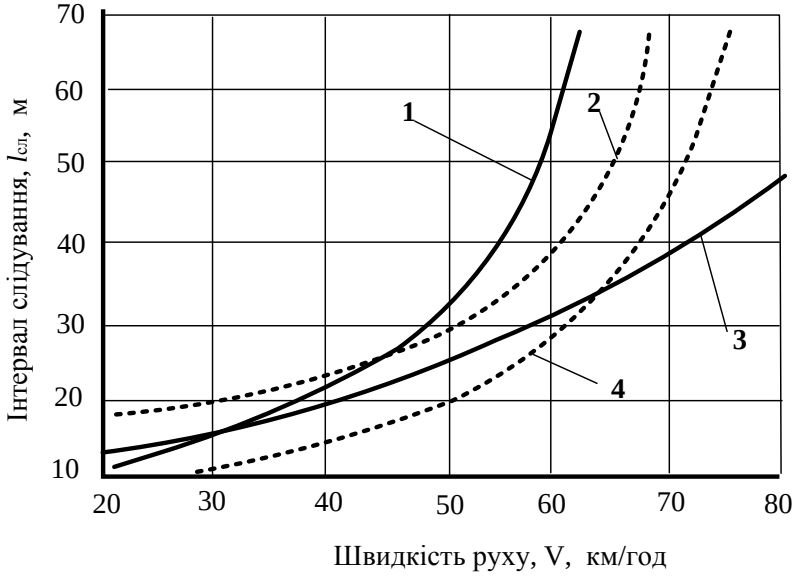


Рис. 1. **Залежність інтервалів слідування від швидкості руху: 1 – вантажний автомобіль за вантажним; 2 – вантажний автомобіль за легковим; 3 – легковий автомобіль за вантажним; 4 – легковий автомобіль за легковим.**

Із рис.1. видно, що при швидкості більше 40 км/год інтервали слідування починають інтенсивно збільшуватись. Відстань між легковими автомобілями спостерігається менше, ніж між вантажними, це пояснюється різними динамічними характеристиками транспортних засобів. На прямолінійних ділянках доріг інтервали у русі залежать не тільки від швидкості руху транспортних засобів, але і від наявності у потоці тихохідних транспортних засобів. Так, при збільшенні кількості вантажних транспортних засобів до 40 %, інтервал слідування зменшується в середньому на 45-50%.

Оскільки умови руху в місті і поза містом відрізняються, тому було проведено дослідження дистанції безпеки залежно рівня завантаженні дороги (вулиць). Під час дослідження фіксувалась також інтенсивність руху на вулично-дорожній мережі для визначення рівня зручності руху. Комфортність, безпека та економічність руху на автомобільних дорогах багато в чому визначається ступінню завантаження дороги рухом. Збільшення інтенсивності руху приводить до

порушення рівномірності руху потоку автомобілів, пониженню швидкості, збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод та пониженню економічної ефективності автомобільних перевезень.

Згідно схеми проведення дослідження (рис. 2) дистанції безпеки у реальних умовах обирався рух ділянками з різним рівнем зручності рух, де рух з вільних умов переходив у щільний транспортний потік.

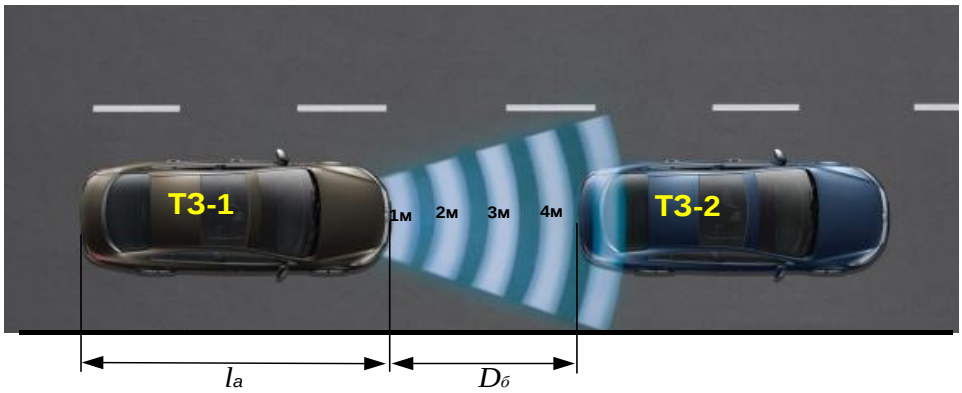


Рис. 2. **Схема визначення дистанції безпеки між автомобілями у транспортному потоці: l_a - довжина автомобіля; $D_б$ - довжинція безпеки.**

Рух транспортних засобів за рівнів А, Б, В характерний для позаміських умов руху, а за рівнів Г, Д, Е для міських умов. Тому за результатами дослідження було побудовано залежність зміни дистанції безпеки від швидкості руху у міських і позаміських умовах.

Дослідження дистанції безпеки здійснювались на автомобільних дорогах загальнодержавного та міського значення. Результати дослідження зміни дистанції безпеки залежно від рівня зручності руху у транспортному потоці наведено на рис.3.

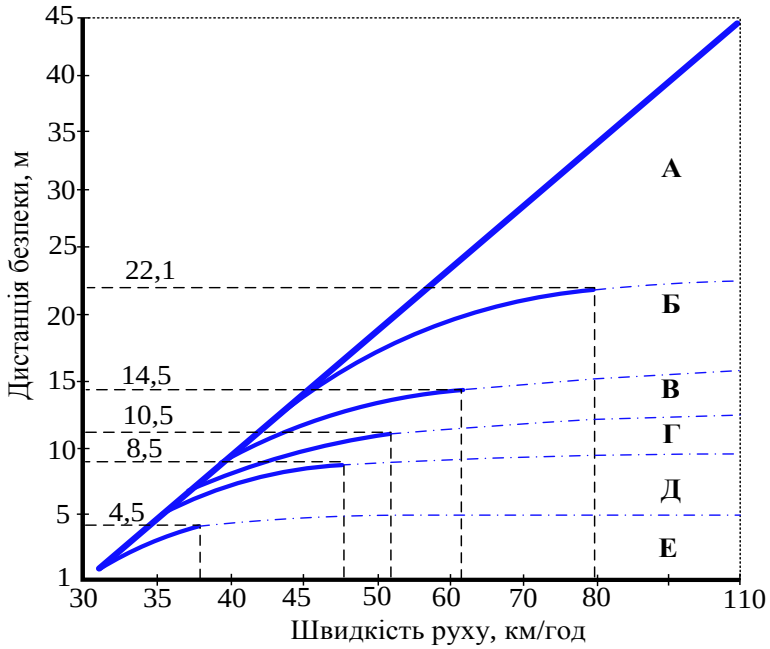


Рис. 3. **Зміна дистанції безпеки залежно від рівня зручності руху у транспортному потоці: А – вільний потік; Б – частково зв'язаний потік; В – зв'язаний потік; Г – насичений потік; Д – щільний потік; Е – стійкий потік.**

Із рис. 1 можна стверджувати, що тільки у вільному потоці, коли дистанція безпеки між транспортними засобами більша 20 м водії розвивають найбільшу швидкість руху, яка залежить від водія. За частково звязаного потоку і середньої швидкості у ньому 60-80 км/год дистанція безпеки в середньому становила 15-18 м. За рівня зручності «В» у позаміських умовах руху дистанція безпеки руху у потоці коливалась від 10,5 до 14, 5 м. Досить мала дистанція безпеки дотримувалась водіями у міських умовах за рівня зручності «Г» та «Д». Це частково пояснюється

низькими швидкостями руху, коли транспортний потік є насиченим щільним та рівень зручності відповідає пропускній здатності. Так за рівня зручності «Г», коли швидкість впала вдвічі, дистанція безпеки склала 8,5 м. За щільного транспортного потоку під час руху у міських умовах руху дистанція безпеки була найменшою.

У частково зв'язаному потоці при зменшенні середньої дистанції до 14-15 м середня швидкість руху стрімко знижується не дивлячись на всі зусилля водія, оскільки здійснення обгонів можливе тільки з очікуванням у транспортному потоці граничного інтервалу для здійснення маневру. При подальшому зниженні швидкості руху рівень зручності руху падає, обгони спостерігаються рідко, транспортні засоби не перевищують середньої швидкості транспортного потоку і обгони можна здійснювати тільки з порушенням умов безпечного водіння та правил дорожнього руху.

Зміна функціонального стану водія понад норму приводить до сповільнення реакції, що викликає небезпеку для учасників дорожнього руху. За великих швидкостей руху навіть незначне збільшення часу реакції водія вимагає від нього дотримання дистанції безпеки.

Важливим чинником вибору дистанції безпеки є функціональний стан водія. Для визначення напруженості роботи водія за різного рівня зручності руху було проведено реєстрацію функціонального стану під час руху. Оцінка функціонального стану проводилась за допомогою системи холтерівського моніторингу КардіоСенс [8] на основі аналізу електрокардіограми водія, а саме показника активності регуляторних систем (ПАРС) [9].

Дослідження було розпочато у позаміських умовах руху за рівня зручності «А», де спостерігався вільних рух автомобілів у потоці. Зміна функціонального стану водія залежно від дистанції безпеки та швидкості руху у позаміських умовах графічно відображено на рис. 4. Під час руху у таких умовах спостерігались максимально допустимий швидкісний режим руху транспортних засобів. ПАРС коливався у середньому від 4 до 5 балів і функціональний стан водіїв перебуває у стані вираженої напруги. У таких умовах руху, коли дистанція безпеки перевищувала 45-50 м на стан водія здійснює вплив швидкісний режим руху.

Аналізуючи отримані результати досліджень, встановлено, що найбільша напруженість роботи водіїв щодо визначення безпечної дистанції поза містом виникала під час руху з високими швидкостями руху, коли в обмежений проміжок часу потрібно обрати необхідне рішення.

Із рис. 4 видно, що за швидкості руху у транспортному потоці до 60 км/год функціональний стан знаходився в нормі, ПАРС у водіїв коливався в межах 1-3 бали.

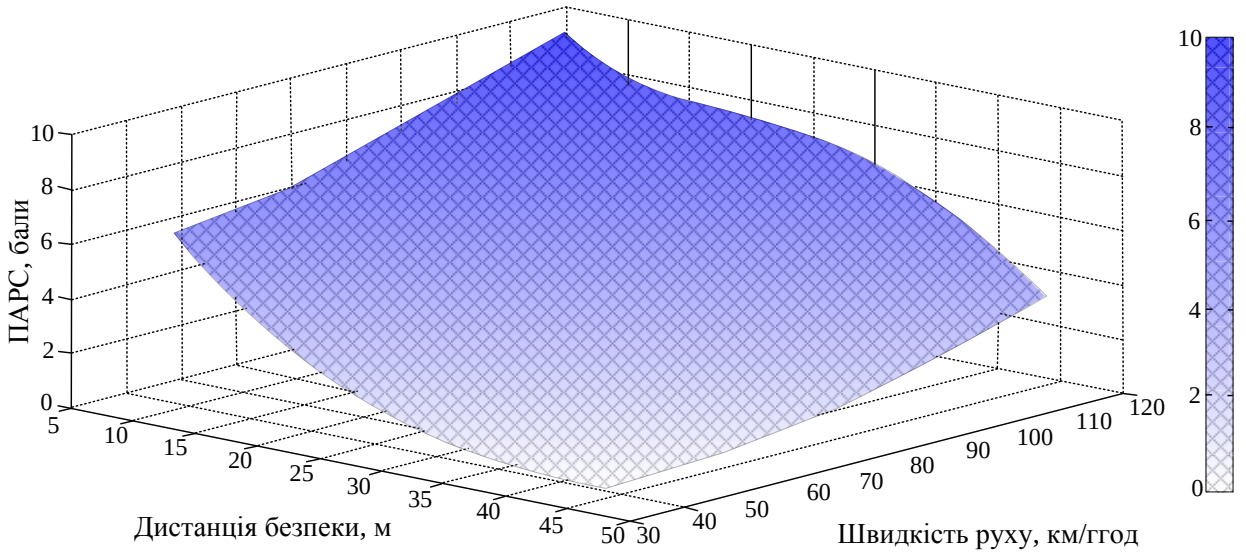


Рис. 4. **Зміна функціонального стану водія залежно від дистанції безпеки та швидкості руху у позаміських умовах**

Зростання швидкісних режимів поза населеним пунктом вимагає від водія підвищеної уваги за дорожнім рухом та ускладнює вибір дистанції безпеки. За швидкісного режиму більше 80 км/год зменшення дистанції безпеки менше 15 м призводило до зростання ПАРС понад норму. Зменшення дистанції безпеки до 10 м за швидкісного режиму 100 км/год викликає збільшення показника активності регуляторних систем на 45-49 %.

© М.В. Бойків, Б.Р. Чудійович

Результати зміни функціонального стану водія залежно від дистанції безпеки та швидкості руху у міських умовах руху наведено на рис. 5. У міських умовах руху, коли швидкості руху впали більше ніш на 50% дистанція безпеки становила менше 10 м. За таких умов ПАРС у водіїв почав зростати і коливався в межах 3-4 бали, водій знаходився у стані помірної напруги. За рівня зручності «Д» та «Е», коли у щільному і насиченому транспортному потоці дистанція безпеки падає до мінімуму, що призводить до погіршення функціонального стану, ПАРС коливається в середньому 4-5 балів.

Під час руху в міських умовах руху, де спостерігалась висока щільність та інтенсивність руху дотримання дистанція безпеки водіями у таких умовах помітно позначалось на їх функціональному стані. Так за низьких швидкостей руху до 40 км/год, зменшення дистанції безпеки менше 10 м призводило до збільшення ПАРС у водіїв вище 3-х балів. Це вказує на те, що подальше зменшення дистанції безпеки буде підвищувати напруженість роботи водіїв. За швидкісного режиму руху 40-60 км/год у транспортному потоці ПАРС у водіїв коливався в межах 1-3 бали і зменшення дистанції менше 14 м призводило до зростання ПАРС більше норми.

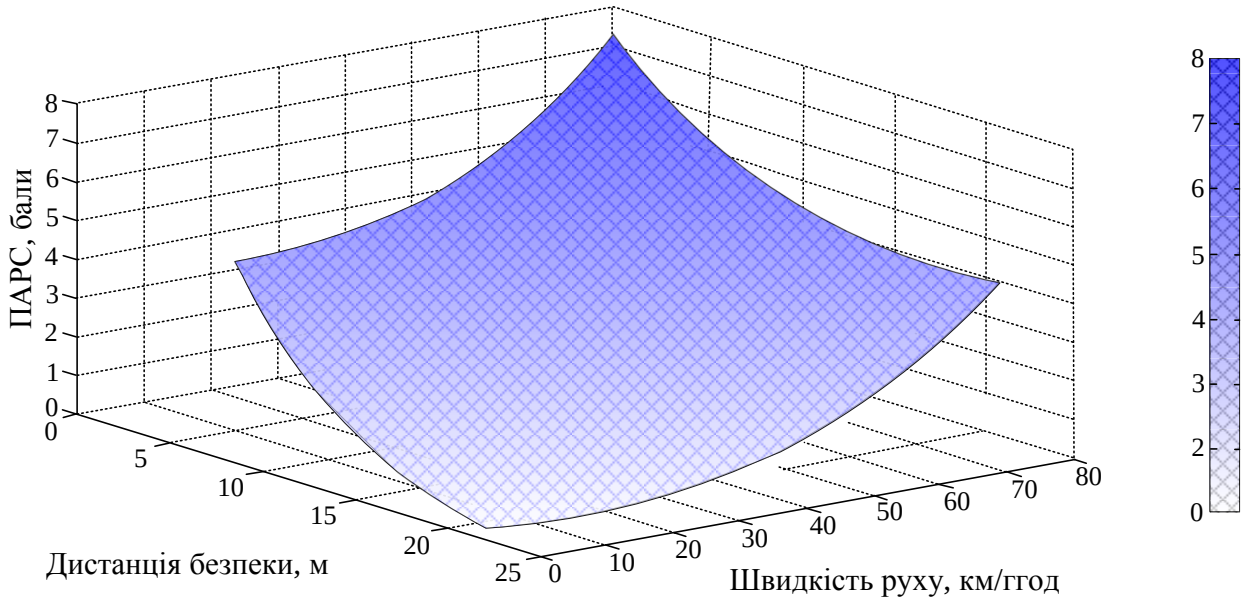


Рис. 5. **Зміна функціонального стану водія залежно від дистанції безпеки та швидкості руху у міських умовах руху**

Під час руху транспортного потоку понад 60 км/год у міських умовах руху складність вибору дистанції безпеки помітно позначалась на функціональному стані водія, а саме найвища напруженість спостерігалась при зменшенні дистанції безпеки менше 11 м, коли водій перебував у стані вираженої напруги, ПАРС набував найбільший значень 5-6 балів.

Зменшення дистанції безпеки у транспортному потоці приводила до відхилення функціонального стану водії ввід оптимального

Висновки. При русі у транспортному потоці зі швидкістю потоку проявляються уміння водія забезпечувати високий рівень безпечного керування транспортним засобом. Збільшення швидкості руху у таких умовах та зменшення дистанції руху між автомобілями призводить до зниження безпеки руху на вулично-дорожній мережі міст. Завантаження дороги безпосередньо впливає на ступінь зручності руху, що помітно позначається на функціональному стані водія. Найменша напруженість роботи у водіїв щодо вибору дистанції безпеки спостерігається за рівня зручності «В» та середньої швидкості руху 55-65 км/год.

Література

1. Wei S. A Safety Distance design model basedon just noticeable difference / Wei S., Yanfang W., Xingli L. / Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. 2011: 11(2). P. 33-38.

© М.В. Бойків, Б.Р. Чудійович

2. Matin S. Method for Road Lighting Auditand Safety Screeningat Urban Intersections / Matin S., Niaki N., Saunier N., Luis F. / Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board: Volume 2458 / Visibility; Work Zone Traffic Controls; Highway-Rail GradeCrossings 2014: P. 27-36.

3. Гаврилов Э.В. Оценка безопасности движения в городских условиях / Гаврилов Э.В., Линник И.Э., Банатов А.В. // Вестник ХНАДУ : сб. науч. тр. – Харьков : ХНАДУ. – 2002. – Вып. 17. – С. 57–62.

4. Zemanek L. Theissue of observance of safe following distance between vehicles in Germany / Zemanek L. /European Scientific Journal. - August 2015: P. 448-461.

5. Коваленко Л. А. Влияние мотивации на выбор водителем дистанции между автомобилями / Л.А. Коваленко // Вестник ХНАДУ : сб. науч. тр. – Харьков : ХНАДУ. – 2000. – Вып. 12-13. – С. 183–185.

6. Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / В.П. Поліщук, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. – К. : Знання України, 2012. – 467 с.

7. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. / В. Ф. Бабков. М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

8. Система холтеровского мониторирования КардиоСенс : методические рекомендации / Национальный аэрокосмический университет «ХАИ». – Х., 2006. – 113 с.

9. Баевський Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевський, О.Н. Кириллов, С.З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 222 с.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2016

© М.В. Бойків, Б.Р. Чудійович

УДК 629.113

А.Е. Бондаренко
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ ПОВОРАЧИВАЕМОСТИ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЯ С ЗАКРЕПЛЕННЫМ РУЛЕВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И УЧЕТОМ КОЛЕИ

Проведен анализ поворачиваемости модели четырехколесного автомобиля с закрепленным рулевым управлением и учетом колеи. Описана и применена соответствующая коррекция продольных составляющих скоростей центров колес, составлены уравнения движения, приведены нелинейные уравнения поворачиваемости велосипедной модели экипажа.

Ключевые слова: *автомобиль, поворачиваемость, колея, уравнение движения, углы увода, рулевое управление, скорость.*

А. Є. Бондаренко
Одеська державна академія будівництва і архітектури

АНАЛІЗ ПОВОРОТНОСТІ МОДЕЛІ АВТОМОБІЛЯ З ЗАКРІПЛЕНИМ РУЛЬОВИМ УПРАВЛІННЯМ ТА УРАХУВАННЯМ КОЛІЇ.

Проведено аналіз поворотності моделі чотириколісного автомобіля з закріпленим рульовим управлінням та урахуванням колії. Описана і застосована відповідна корекція поздовжніх складових швидкостей центрів коліс, складені рівняння руху в стаціонарному режимі руху та проведено порівняння з велосипедної моделлю.

Ключевые слова: *автомобіль, поворотність, колія, рівняння руху, кути відведення, рульове управління, швидкість.*

A. Bondarenko
Odessa State Academy of Construction and Architecture

THE ANALYSIS OF THE UNDERSTEER CAR MODEL WITH FIXED STEERING AND GIVEN THE TRACK.

The analysis of the understeer of four-wheeled model car with fixed steering and accounting track. Described and applied the relevant correction to the longitudinal components of the velocities of the centers of the wheels, is composed of the equations of motion in a stationary mode of motion and a comparison with the Bicycle model.

Keywords: *the car, the steering, the track, the equation of motion, angles of withdrawal, power steering, speed.*

Постановка проблемы.

Учет колеи с точки зрения теории увода сводится к коррекции продольных составляющих скорости центров колес – колеса внешнего ряда (внешние по отношению к центру поворота) получают дополнительную положительную продольную составляющую $H \cdot \omega$, а внутреннего ряда – отрицательную $-H \cdot \omega$. Это связано с относительным вращательным движением при учете колеи.

Результаты исследований.

Колеса первого ряда совершают относительное вращательное движение вокруг полюса *A*, колеса второго ряда вокруг полюса *B*, см. рис. 1.

Определение скоростей псевдопроскальзывания в точках контакта колес с опорной поверхностью:

- скорость любой точки тела в плоскопараллельном движении складывается из скорости полюса (поступательное движение вместе с полюсом) и скорости точки относительно полюса (скорость вращательного движения вокруг полюса);

- за полюс выбирается центр масс автомобиля, он имеет скорость $\{v, u\}$, где v - продольная, а u - поперечная составляющая проекции скорости центра масс.

© А.Е. Бондаренко

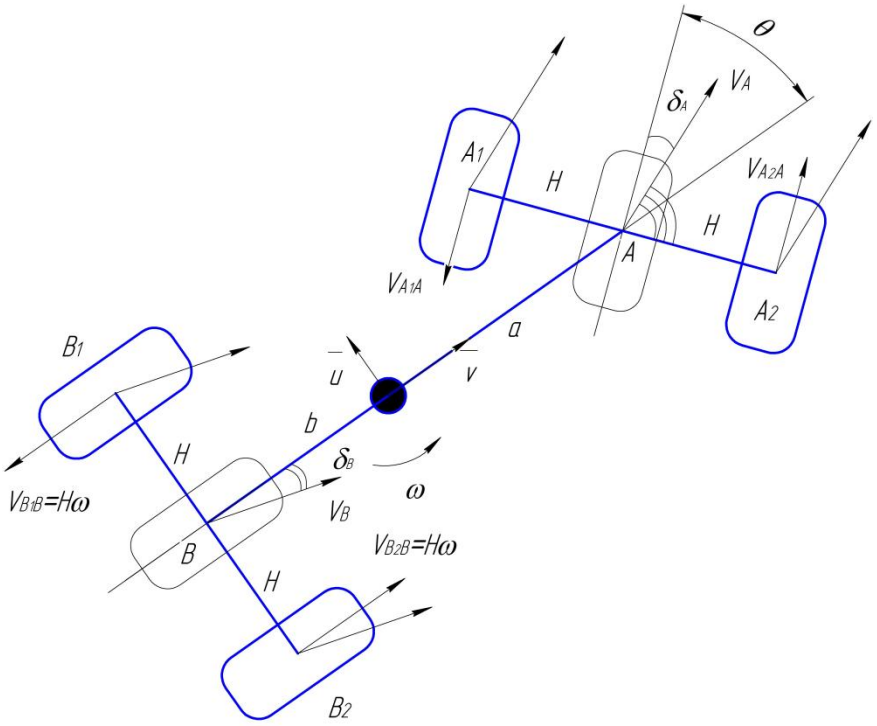


Рис. 1. **Схема плоской модели автомобиля с учетом колеи**

Так, скорости центров колес переднего ряда A_1, A_2 определяются в виде суммы скорости соответствующего полюса и скорости относительного движения точек A_1, A_2 относительно полюса:

$$\bar{V}_{A1} = \bar{V}_A + \bar{V}_{A1A}; \qquad \bar{V}_{A2} = \bar{V}_A + \bar{V}_{A2A}. \tag{1}$$

Векторы скорости относительного движения V_{A1A}, V_{A2A} совпадают по модулю и противоположны по направлению

$$V_{A1A} = V_{A2A} = H \cdot \omega. \tag{2}$$

Углы увода определяются соотношениями:

$$\begin{aligned} \delta_{B_1} &= \frac{-u+wb}{v-Hw}; & \delta_{A_1} &= \theta - \frac{u+\omega a}{v-H\omega}; \\ \delta_{B_2} &= \frac{-u+wb}{v+Hw}; & \delta_{A_2} &= \theta - \frac{u+\omega a}{v+H\omega}, \end{aligned} \tag{3}$$

которые при малых значениях ω эквивалентны δ_B и δ_A:

$$\frac{-u+b\omega}{V \pm H\omega} = \frac{-u+b\omega}{V}(1 \pm H\omega/V)^{-1} \approx \frac{-u+b\omega}{V};$$

$$(1 \pm H\omega/V)^{-1} \approx 1 \mp H\omega/V \approx 1;$$

$$-\frac{u+a\omega}{V \pm H\omega} \approx -\frac{u+a\omega}{V}. \tag{4}$$

© *А.Е. Бондаренко*

$$\delta_B = \frac{-u + b\omega}{V}; \qquad \delta_A = \theta - \frac{u + a\omega}{V}. \tag{5}$$

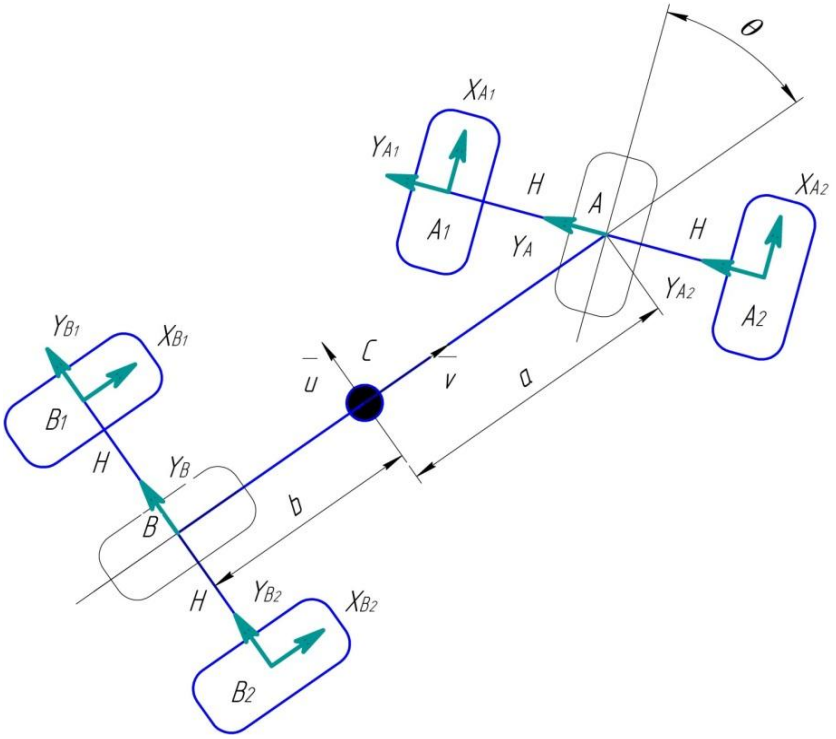


Рис. 2. **Схема сил в плоской модели автомобиля с учетом колеи**

Уравнения движения в подвижной системе координат имеют тот же вид, что и в неподвижной системе. Ускорение в подвижной системе координат определяется как сумма "местной" производной вектора скорости центра масс и векторного произведения угловой скорости подвижной системы координат и вектора скорости центра масс.

Линеаризованные уравнения движения модели автомобиля с учетом колеи имеют вид:

$$\begin{aligned} m(\dot{u} + \omega V) &= Y_{A_1} + Y_{A_2} + Y_{B_1} + Y_{B_2}; \\ I_C \dot{\omega} &= a(Y_{A_1} + Y_{A_2}) - b(Y_{B_1} + Y_{B_2}), \end{aligned} \tag{6}$$

где геометрические и инерционные параметры жесткой модели автомобиля:

a; *b* - расстояние от центра масс автомобиля до передней (управляемой) оси и задней оси;

A; B - расстояние от центра масс до переднего и заднего габаритного края автомобиля;

H - расстояние от центра оси до колеса;

m - масса автомобиля;

I_C - момент инерции автомобиля относительно центральной вертикальной оси;

фазовые переменные жесткой модели автомобиля:

v - продольная составляющая проекции скорости центра масс;

u - поперечная составляющая проекции скорости центра масс;

ω - угловая скорость автомобиля относительно вертикальной оси;

система дифференциальных уравнений движения в плоскости дороги (*u, ω, psi, x, y*):

psi - курсовой угол; *x, y* - координаты центра масс автомобиля в плоской неподвижной системе координат.

Определение поперечных сил при взаимодействии колеса с опорной поверхностью (в пятне контакта):

Y_{11}, Y_{12} ,Y_{21}, Y_{22} - поперечные силы (силы увода); *kij* - коэфф. увода на осях; *fij* - коэфф. сцепления при определении боковых сил увода; *theta* - устанавливаемый угол поворота колес

управляемого модуля;

силы увода:

$$Y_{11}=k_{11}*delta_{11}/sqrt(1+((k_{11}*delta_{11})/(Z_{11}*fi_1))^2);$$

$$Y_{12}=k_{12}*delta_{12}/sqrt(1+((k_{12}*delta_{12})/(Z_{12}*fi_1))^2);$$

$$Y_{21}=k_{21}*delta_{21}/sqrt(1+((k_{21}*delta_{21})/(Z_{21}*fi_2))^2);$$

$$Y_{22}=k_{22}*delta_{22}/sqrt(1+((k_{22}*delta_{22})/(Z_{22}*fi_2))^2); \quad (7)$$

вертикальные реакции опоры на колеса автомобиля:

$$Z_{11}=m*g*b/(2*l)-m*v*omega*b*h/(l*(2*H));$$

$$Z_{12}=m*g*b/(2*l)+m*v*omega*b*h/(l*(2*H));$$

$$Z_{21}=m*g*a/(2*l)-m*v*omega*a*h/(l*(2*H));$$

$$Z_{22}=m*g*a/(2*l)+m*v*omega*a*h/(l*(2*H)); \quad (8)$$

Предположение о постоянстве продольной составляющей скорости центра масс.

Для велосипедной модели двухосного автомобиля кривая поворачиваемости определяется соотношением

$$\theta = l/R + \delta_1 - \delta_2 = l/R - G(Y), \quad (9)$$

где функция $G(Y) = (\delta_2 - \delta_1)$; $\delta_1 = F_1(Y)$; $\delta_2 = F_2(Y)$.

Для случая совпадающих поперечных коэффициентов сцепления имеем:

$$G\left(\frac{a_y}{g}\right) = -\frac{K_U a_y}{g\sqrt{1-\frac{a_y^2}{\phi^2 g^2}}} \quad (10)$$

где K_U - градиент недостаточной поворачиваемости выражается через безразмерные коэффициенты сопротивления увода на передней и задней осях автомобиля

$$K_U = \frac{kk_2 - kk_1}{kk_1 \cdot kk_2}. \quad (10)$$

Выводы.

Полученные аналитические выражения в дальнейшем позволят на основе численного моделирования (при помощи математического пакета численно-аналитических преобразований «Maple») построить диаграмму поворачиваемости для четырехколесного автомобиля в виде дискретных точек (θ_i, v^2_i/R), где $i = 1, 2, \dots, n$ - количество численных экспериментов.

Значения скорости v_i следует выбирать из интервала от 0 до критической скорости (если она существует) и для неё найти значение поворота колес θ_i, обеспечивающего движение по окружности заданного радиуса (R = 30 м). Результаты численного моделирования будут сопоставлены с результатами, полученными в аналитическом виде для велосипедной модели.

Литература

1. Рокар И. Неустойчивость в механике – М.: Изд-во иностр. лит. 1959. – 288 с.

2. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.

© А.Е. Бондаренко

3. Эллис Д. Р. Управляемость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.

4. Gillespie, Thomas D., Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, Inc. 1992 – 470 p.

5. Певзнер Я. М. Теория устойчивости автомобиля. – М.: Машиздат; 1947. – 156 с.

6. "Passenger Cars—Steady-state circular driving behaviour—Open Loop test procedure", ISO 4138.

7. Лобас Л. Г., Вербицкий В. Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин. – Киев: Наук. думка, 1990 – 232 с.

8 Вербицкий В. и др. Введение в теорию устойчивости колесных экипажей и рельсового пути: Монография/ В. Вербицкий, А. Новак, Э. Даниленко, М. Ситаж. – Донецк: «Вебер» (Донецкое отделение), 2007. – 255 с.

Стаття надійшла до редакції 24.02.2016

© А.Е. Бондаренко

УДК 656.11

Д.Л. Бурко
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ У НАЙЗНАЧНІШИХ МІСТАХ УКРАЇНИ

Встановлено, що якісні характеристики дорожнього руху у містах залежать від рівня автомобілізації, яка є складною функцією сукупності різних факторів, та характеристик транспортної мережі міста. На їх основі можливе створення моделі функціонування транспортної мережі та визначення якісних характеристик дорожнього руху у найзначніших містах.

Ключові слова: *дорожній рух, транспортна мережа, рівень автомобілізації, характеристики дорожнього руху.*

Д.Л. Бурко
Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.М. Бекетова

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В КРУПНЕЙШИХ ГОРОДАХ УКРАИНЫ

Установлено, что качественные характеристики дорожного движения в городах зависят от уровня автомобилизации, который является сложной функцией совокупности различных факторов, и характеристик транспортной сети города. На их основе возможно создание модели функционирования транспортной сети и определение качественных характеристик дорожного движения в крупнейших городах.

Ключевые слова: *дорожное движение, транспортная сеть, уровень автомобилизации, характеристики дорожного движения.*

D. Burko
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

PROBLEMS OF QUALITY OF VEHICULAR TRAFFIC MANAGEMENT AT THE BIGGEST CITIES OF UKRAINE

Over recent years the problems of quality of vehicular traffic quality at the critical cities have been caused by increase of motor cars number. This factor, in its turn, aggravates the transport problem because of increasing traffic density. Transport nets development delay from motorization rates is also an intrinsic problem. The transport net overloaded with the excess traffic volume reduces velocity, increases driving time generating jams and polluting environment.

Improvement of the vehicular traffic quality requires knowledge of the cross effect principles for net and traffic flow parameters. Consequently, the objective of improvement of efficiency of use of existing transport nets and improvement thereof is of current interest. The reserve of minimization of transport problems aggravation in the cities and vehicular traffic quality improvement consists in this.

Except the level of motorization, description of a transport network has influence on quality of organization of vehicular traffic. To descriptions of a transport network cities take her town-planning and plan features: closeness, unstraightforwardness of connections, carrying capacity and other.

At the analysis of intercommunications between the constituents of quality of organization of travelling motion it follows to mark influence of level of motorization on to the transport network and vice versa. It is explained by that the change of level of motorization generates demand on motion a network, and a network must offer sufficient suggestion as a carrying capacity. If in this subsystem, there is a disbalance (demand exceeds supply or vice versa), then quality descriptions of travelling motion get worse.

For the estimation of compatible influence of level of motorization and descriptions of a transport network on quality of organization of travelling motion in cities necessary creation of model of a transport network, that allows to define quality descriptions of transport streams. Under quality descriptions of transport streams will understand relative sizes got as a result of comparison of the descriptions actually got after a model with possible descriptions in these terms of motion.

Keywords: *traffic, transport network, motorization level, characteristics of traffic.*

Постановка проблеми. Проблема якості дорожнього руху у найзначніших містах України виникає у зв’язку з перевантаженням транспортних мереж надмірною кількістю особистих автомобілів. Вирішення цієї проблеми повинне базуватися на двох основних складових: знанні механізмів зміни рівня автомобілізації та адаптації транспортної мережі міста під потреби дорожнього руху.

На думку автора, дослідження в рамках даної статті можна представити у вигляді структурної схеми взаємозв’язку складових якості організації дорожнього руху (рис. 1).

© Д.Л. Бурко

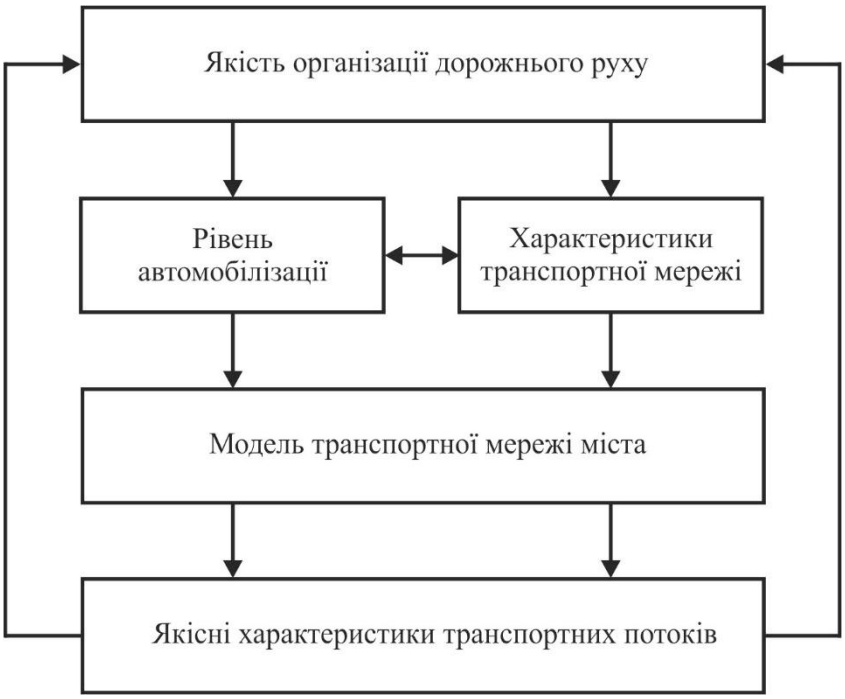


Рис. 1. **Схема взаємозв'язку складових якості організації дорожнього руху**

Зміна рівня автомобілізації в будь-якій державі світу залежить від рівня соціально-економічного забезпечення населення, його платоспроможності, що характеризує можливість придбання автомобілів. Від рівня автомобілізації прямо залежить обсяг руху транспортною мережею міста.

Окрім рівня автомобілізації, на якість організації дорожнього руху чинить вплив характеристика транспортної мережі. До характеристик транспортної мережі міста відносять її містобудівні та планувальні особливості: щільність, непрямолінійність сполучень, пропускну спроможність та ін.

При аналізі взаємозв'язків між складовими якості організації дорожнього руху слід відзначити вплив рівня автомобілізації на транспорту мережу та навпаки. Це пояснюється тим, що зміна рівня автомобілізації породжує попит на рух мережею, а сама мережа повинна запропонувати достатню пропозицію у вигляді пропускної спроможності. Якщо в даній підсистемі, спостерігається дисбаланс (попит перевищує пропозицію чи навпаки), то якісні характеристики дорожнього руху погіршуються.

Для оцінки сумісного впливу рівня автомобілізації та характеристик транспортної мережі на якість організації дорожнього руху у містах необхідне створення моделі транспортної мережі, що дозволяє визначити якісні характеристики транспортних потоків. Під якісними характеристиками транспортних потоків будемо розуміти відносні величини отримані в результаті співставлення фактично отриманих за моделлю характеристик з можливими характеристиками в даних умовах руху.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення якісних характеристик дорожнього руху у містах та їхня подальша оцінка .

Результати досліджень. Дослідження закономірностей зміни рівня автомобілізації наведені в ряді публікацій. В роботі [1] для прогнозування рівня автомобілізації пропонується використовувати логістичні криві, екстраполяційні методи, де враховується один фактор - час. Фактор зростання валового регіонального продукту а також можливості міської транспортної інфраструктури були використані для прогнозу рівня автомобілізації легкових автомобілів в роботі [2].

Заслуговує на увагу запропонований в роботі [3] підхід, згідно з яким рівень автомобілізації розраховується виходячи з величини середнього душового доходу населення. Однак, як уявляється, фактор величини середнього душового доходу населення недостатньо повно враховує реальну купівельну спроможність жителів міста. Крім того, в існуючих підходах до визначення рівня автомобілізації не враховується такий фактор, як зміна чисельності населення міста.

Виходячи з постановки проблеми та аналізу останніх публікацій, ціль даного дослідження - вивчення закономірностей та розробка моделі зміни рівня автомобілізації в містах. Дослідження проведено на прикладі одного з найбільших міст України - Харкова.

При проведенні дослідження за основу було взято підхід, викладений в роботі [4]. Відповідно до даного підходу рівень автомобілізації розглядається, як функція наступних чинників:

- кількість жителів;
- купівельна спроможність населення;
- часовий фактор.

Купівельну спроможність населення пропонується оцінювати по відношенню різниці значень середньої заробітної плати по галузях народного господарства і мінімального прожиткового мінімуму до середньої ціни легкового автомобіля.

У загальному вигляді модель зміни рівня автомобілізації має вигляд:

$$A = f(\Delta, t, N) \ , \qquad (1)$$

де А - рівень автомобілізації, авт/1000 меш.;

Δ - купівельна спроможність населення, авт/міс.;

t - номер року спостережень;

N - кількість жителів у місті, млн.меш.

При побудові моделі використовувалися звітні статистичні дані м. Харкова за 18 років. Регресійний аналіз зазначеної статистики [5] дозволив розрахувати параметри моделей. На першому етапі визначені параметри моделей зміни рівня автомобілізації, як функції кожного з факторів рівняння (1) окремо. Дані залежності наведені на рис. 2 - 4.

Характеристика однофакторних моделей зміни рівня автомобілізації наведені у табл.1.

Таблиця 1

Характеристика однофакторних моделей

Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції, %	Стандартна помилка, авт/1000 меш	Середня помилка апроксимації, %
1. $A = 60{,}43 \cdot t^{0{,}29}$	0,96	3,65	2,86
2. $A = 331{,}2 \cdot \Delta^{0{,}197}$	0,92	8,12	6,32
3. $A = 29797{,}8 \cdot e^{-3{,}69 \cdot N}$	0,97	3,16	2,43

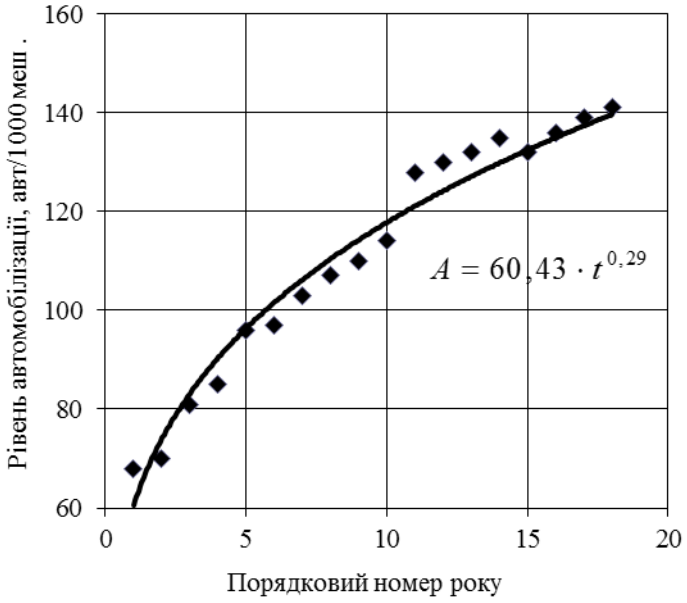


Рис. 2. **Залежність рівня автомобілізації від року**

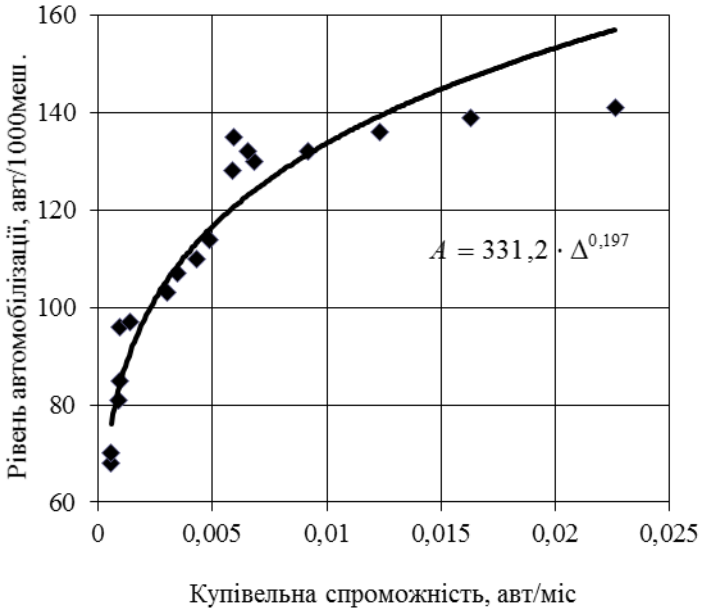


Рис. 3. **Залежність рівня автомобілізації від купівельної спроможності**

Дані табл.1 свідчать про адекватність отриманих однофакторних моделей. На другому етапі були визначені параметри рівняння множинної нелінійної регресії:

$$A = 50,62 \cdot t^{0,31} + 42,07 \cdot \Delta^{0,16} - 0,34 \cdot e^{1,34N}, \quad (2)$$

Отримане рівняння (2) характеризується наступними статистичними параметрами: коефіцієнт кореляції $R^2 = 0,96$;стандартна помилка d = 4,68 авт/1000 меш.; середня помилка апроксимації $\bar{\varepsilon} = 3,18\%$.

Представлена багатофакторна регресійна модель зміни рівня автомобілізації в м. Харкові адекватна і може бути використана для визначення обсягів руху в перспективі.

© Д.Л. Бурко

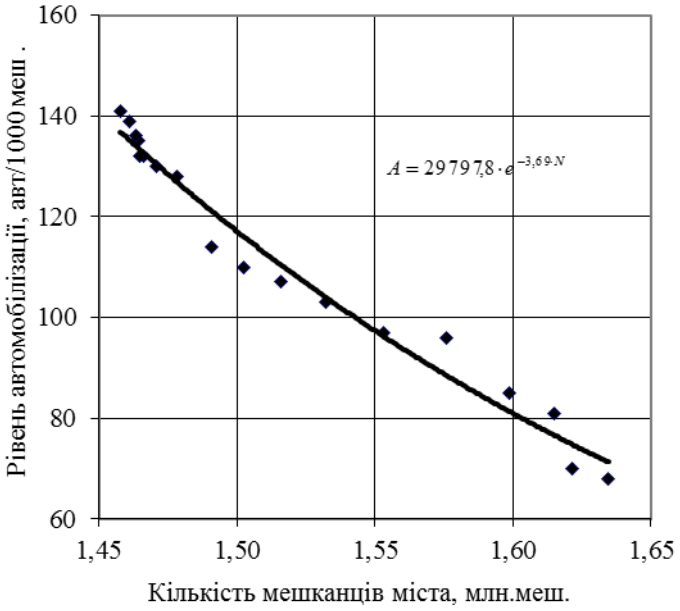


Рис. 4. **Залежність рівня автомобілізації від кількості мешканців**

Для розрахунків характеристик транспортних потоків необхідним є створення математичної моделі, що досить адекватно відбиває специфіку функціонування елементів системи «вулична дорожня мережа-транспортні потоки». Математичні моделі застосовуються для розв'язку дуже широкого кола завдань, пов'язаних з транспортом. Вони призначені для прогнозу транспортних потоків у мережах з відомою геометрією та характеристиками при відомому розміщенні різних об'єктів на території міста або міської агломерації [6,7]. Моделі такого типу застосовуються для прийняття рішень в області планування розвитку міста, для аналізу наслідків тих або інших заходів щодо організації руху, виборі альтернативних проектів розвитку транспортної мережі [6].

Програмне забезпечення моделі функціонування транспортної мережі розробляється для розв'язку ряду взаємозалежних завдань прогнозування параметрів транспортних потоків у місті. Кожний із блоків програми являє собою окрему підпрограму з набором процедур і функцій.

На першому етапі, підпрограма введення вихідних даних здійснює зчитування інформації, яка втримується в три заздалегідь сформованих файлах вихідних даних. Файли містять дані про топологічні особливості транспортної мережі. Крім цього, у підпрограмі проводиться сортування вихідної інформації та підготовка масивів даних для подальшої роботи з ними.

На наступному етапі здійснюється розрахунки матриці найкоротших відстаней між вузлами транспортної мережі, які можуть виконуватися різними методами. У зв’язку з тим, що транспортна мережа може складатися з декількох сотень вузлів, головна вимога до програми – висока швидкість розрахунків. Тому в цьому випадку виявляється доцільним використання методу нещільної довжини черги [7]. Перевагою даного методу є мінімальний час розрахунків при високій точності. Матриця найкоротших відстаней визначається з урахуванням обмежень маневрів, які існують у мережі.

Для розрахунків якісних характеристик транспортних потоків необхідно відповістити на запитання: скільки та за якими шляхами буде відбуватися пересунення у транспортній мережі. Відповівши на це питання можливо визначити завантаження будь-якого елемента мережі. Невід'ємним завданням розрахунків характеристик транспортних потоків є визначення міжрайонних кореспонденцій. Після цього виникає необхідність розподілу кореспонденцій по транспортній мережі. Це означає, що для кожної пари районів необхідно передбачити, по яким шляхам будуть здійснюватися пересування, і скільки учасників руху буде використовувати той або інший шлях. Цей процес здійснюється в наступній підпрограмі, де розраховуються кореспонденції між вузлами транспортної мережі.

При цьому виникає питання у виборі безпосередньо виду математичної моделі для розрахунків міжрайонних кореспонденцій.

Програмне забезпечення використовує гравітаційну модель прогнозування кореспонденцій у транспортній мережі. Вихідними даними для розрахунків матриці кореспонденцій є обсяги утворення та поглинання транспортних потоків у вузлах мережі, характеристики мережі, а також результати розрахунків матриці найкоротших відстаней.

Після розподілу всіх кореспонденцій по мережі є можливим визначити якісні характеристики транспортних потоків.

Якісні характеристики транспортних потоків визначаються на основі отриманих значень інтенсивності та швидкості транспортного потоку дугами мережі. Використовуючи ці характеристики визначимо:

- коефіцієнт завантаження дороги рухом:

$$k_з = \frac{N_i}{n_i \cdot P_1}\ , \tag{3}$$

де N_i - інтенсивність руху на і - й дузі мережі, авт/год;

n_i - кількість смуг руху на і - й дузі мережі;

P_1 - пропускна можливість однієї смуги руху, авт/год.

- коефіцієнт зниження швидкості руху:

$$K_{vi} = \frac{V_{ві} - V_{фі}}{V_{фі}}, \tag{4}$$

де $V_{ві}$ - швидкість вільного руху на і - й дузі мережі, км/год;

$V_{фі}$ - фактична швидкість руху на і - й дузі мережі, км/год.

Після визначення якісних характеристик транспортних потоків можливе планування заходів щодо поліпшення умов руху транспортною мережею міста шляхом її реконструкції. Це може стати об'єктом подальших досліджень.

Висновки. Встановлено, що характеристики дорожнього руху формуються під впливом соціально-економічних умов життя населення, показником якого є рівень автомобілізації, та існуючих характеристик транспортної мережі міста. Вплив характеристик дорожнього руху на його якість можна оцінити шляхом створення моделі функціонування транспортної мережі міста. Отримані за моделлю характеристики дорожнього руху якісно оцінюються коефіцієнтами завантаження та зміни швидкості руху.

Література

1. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов.– М. : Транспорт, 1977.– 303 с.

2. Бахирев И. А. Расчётные скорости при проектировании улично-дорожной сети в городах : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.23.11 / И. А. Бахирев ; [Моск. автомоб.-дор. ин-т]. - М., 2008.- 20 с.

3. Нгуен Тхи Хонг Диеп. Совершенствование норм проектирования городских улиц Вьетнама : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.23.11 / Нгуен Тхи Хонг Диеп ; [Моск. автомоб.-дор. ин-т].- М., 2008.- 22 с.

4. Бурко Д.Л. Подход к определению перспективного уровня автомобилизации в городах / Д. Л. Бурко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Вып. 6/6, 2008.- С.33-36.

5. Афифи А. Статистический анализ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982.– 488 с.

6. Швецов В.И. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей / В.И.Швецов, А.С. Алиев.– Едиториал УРСС,2003.– 64 с.

7. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, А.С. Головных. – Новосибирск: «Наука», 2004. – 266 с.

Стаття надійшла до редакції 16.05.201

© Д.Л. Бурко

УДК 629.113

М.В. Бур'ян
Національний університет «Львівська політехніка»

КОМПЛЕКС ВИМІРЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ ТА ОЦІНКА ПЛАВНОСТІ РУХУ АВТОБУСІВ

Плавність руху для пасажирських автобусних перевезень є однією з складових комфортності автобуса, що впливає на відповідний підбір типу і характеристик підвіски та сидінь. Представлено необхідний комплекс вимірювальної апаратури для експериментальної оцінки і узагальнення результатів у частотному спектрі коливань у 3-5 зонах салону автобуса.

***Ключові слова**: автобус, плавність руху, вібронавантаження, характеристики підвіски*

М.В. Бур'ян
Национальный университет «Львовская политехника»

КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ И ОЦЕНКА ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОБУСОВ.

Плавность движения для пассажирских автобусных перевозок является одной из составляющих комфортности автобуса и влияет на соответствующий подбор типа и характеристик подвески и сидений. Представлен необходимый комплекс измерительной аппаратуры для экспериментальной оценки и обобщения результатов в частотном спектре колебаний в 3-5 зонах салона автобуса.

***Ключевые слова:** автобус, плавность движения, вибронагрузки, характеристики подвески.*

L. Burian.
National University "Lviv Polytechnic"

MEASURING SYSTEMS AND EVALUATION OF THE SMOOTH MOVEMENT OF BUSES.

Smooth movement for passenger transport is one of the main components of the buses comfort, which determine type and characteristics of the suspension and seats. Necessary set of measuring devices for experimental evaluations and syntheses of results in the frequency spectrum of vibrations in 3-5 interior bus zones is presented.

***Keywords:** bus, smooth movement, vibratory loads, suspension characteristics.*

Постановка проблеми. Плавність руху автобусів є однією з найбільш значимих складових комфортності перевезень. Визначення класу комфортабельності автобусів відбувається за результатами дорожніх випробувань, під час яких визначаються віброприскорення, що діють на водія та пасажирів при русі в типових умовах експлуатації.

При проведенні випробувань на плавність руху на сьогодні керуються стандартними правилами та методами проведення випробувань, які регламентуються діючими в Україні стандартами. Так, вимоги, які ставляться до робочого місця водія регулюються санітарними нормами і правилами що прийняті на території Україні без змін ще з часів СРСР – ДСН 3.3.6. 039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [1]. Методика вимірювання вібрації прописана прийнятим в Україні стандартом ГОСТ ISO 10326-1-2002 [2] Оцінка вібрації сидінь транспортних засобів по результатах лабораторних випробувань. В той же час, ще в часи СРСР, виходячи із реального стану доріг, формувалась нормативна база по плавності руху, зокрема галузевими стандартами ОСТ 37.001.275-84 [3], та ОСТ 37.001.291-84 [4], результатом чого стала зміна конструкції і розуніфікація пасажирських автобусів порівняно з вантажними автомобілями на шасі яких вони базувались (наприклад ресорно-пружинна підвіска ЛАЗ-695, та пневматична ЛАЗ-698)

В той же час, комфортабельність робочого місця водія не має жодного відношення до класу комфортабельності автобуса, а використання тих же санітарних норм для визначення відповідних параметрів на пасажирських місцях є некоректним, оскільки тривалість поїздки пасажира, особливо в умовах міських та приміських перевезень, значно відрізняється від тривалості робочої зміни водія. Таким чином, приходимо до висновку, що на сьогодні ніяк не регламентується рівень вібронавантаження, який діє на пасажирів автобусів.

Так, припустимі рівні вібрації, що діють на пасажирів змінюються в залежності від середньоочікуваної тривалості поїздки – фактично градації трьох типів залежно від призначення автобусів – міські, приміські та міжміські (рис. 1) [5]. Для перших двох класів автобусів, де

© М.В. Бур'ян

дозволено проїзд стоячим пасажирам, оцінка віброколивних навантажень актуальна також і на рівні підлоги салону автобуса.

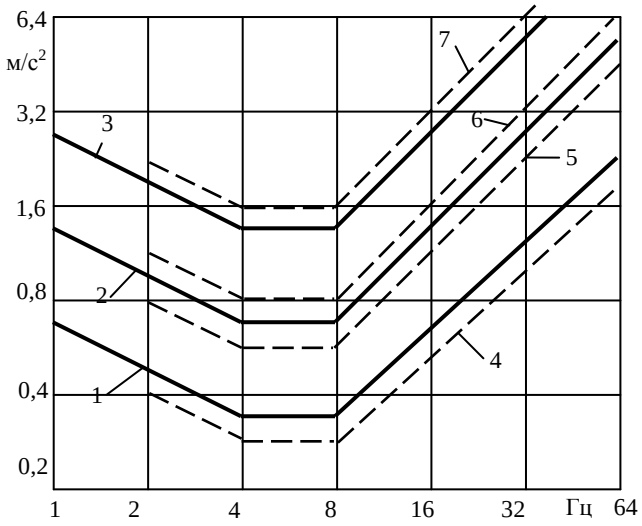


Рис. 1. **Гранично припустимі величини та рівні вібрації – межі втоми людини**:

де 1,2,3 – граничні рівні вібрацій при тривалості їх дії відповідно 8 год., 2,5 год., 1 год. [6]; 4 – граничний рівень вібрацій на робочому місці водія (проект ДСТУ по робочому місцю водія); 5, 6, 7 – граничні рівні вібрацій відповідно для пасажирів міжміських, приміських та міських автобусів (проект ДСТУ)

Таким чином, виходячи з необхідності диференціації вимог до комфортабельності автобусів різних класів необхідно провести вдосконалення методики проведення випробувань з огляду на різні умови експлуатації.

Результати досліджень. Можна стверджувати, що міжміські автобуси та автобуси далекого прямування рухаються в основному дорогами з асфальтованим покриттям I та II категорії, в той же час дальність поїздки пасажирів є найбільшою. Для приміських автобусів характерним є рух дорогами II, III категорії, а міські автобуси можуть рухатись як дорогами з асфальтобетонним покриттям хорошої якості, так і бруківкою. Таким чином доцільно проводити випробування на різних типах доріг для різних класів автобусів, з подальшим співставленням результатів із допустимими значеннями віброприскорень, допустимих для людського організму за відповідний час.

Згідно діючого стандарту, вимірювання віброприскорень проводяться наступним чином. Давачі акселерометри кріплять до спинки чи подушки сидіння по схемі, наведеній на рис. 2.

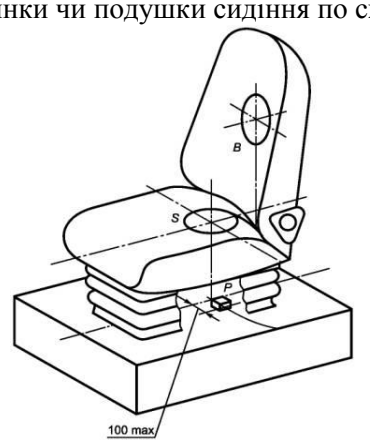


Рис. 2. **Схема розташування акселерометрів на сидінні автобуса**

Акселерометр на сидінні повинен бути встановлений в в межах області 200 мм, центр якої розташований прямо під акселерометром, встановленим на сидінні. Напрямок вимірювань повинен співпадати з напрямком руху платформи. Акселерометр на подушці сидіння повинен бути встановлений по центру диска діаметром 250 ± 50 мм. Товщина диска повинна бути мінімальною (рис. 3) і не повинна перевищувати 12 мм.

© М.В. Бур'ян

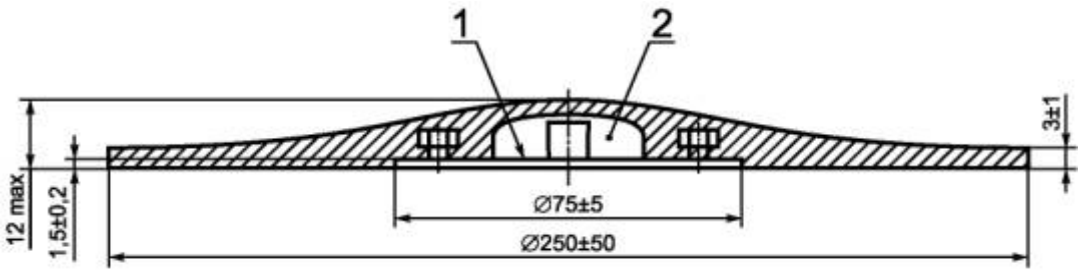


Рис. 3. **Диск для встановлення акселерометра**

В центрі напівжорсткого диска виготовленого з гуми чи пластмаси встановлюють акселерометр і закріплюють за допомогою тонкої металевої пластини 2. Диск встановлюють на поверхні сидіння. Випробування проводяться на навантаженому сидінні, манекеном, чи випробувачем зі стандартною вагою. Таким чином визначається рівень вібронавантаженості на робочому місці водія і регламентується санітарними правилами.

Відомо, що пройти дане випробування може і транспортний засіб, побудований на шасі вантажного автомобіля без суттєвих змін підвіски, за рахунок підресорювання сидіння. Проте, як вже зазначалось, час проведений в автобусі пасажиром, може суттєво відрізнятись від тривалості робочого дня водія. Також варто враховувати розташування крісел в салоні автобуса. Відомо, що найбільш комфортними будуть сидіння в базі, найменш – у звисах — це і будуть контрольні точки для проведення випробувань пасажирських сидінь. Окрім того для автобусів, де допускається перевезення стоячих пасажирів також необхідним є визначення віброприскорень на рівні підлоги у відповідних місцях.

З іншого боку, на сьогоднішній день в Україні також використовується зіркова класифікація автобусів, прийнята Наказом Міністерства траспорту та зв'язкуУкраїни №285 від 12.04.2007 року [7]. Однак і там недостатньо критеріїв умов з плавності руху. Зокрема регламентується внутрішнє устаткування, відстані і тип сидінь, вказується тільки тип підвіски (ресорна, пневморесорна, пневматична і тд), який аж ніяк не гарантує рівень комфорту пасажирам з умов плавності руху.

Для вимірювання вібрацій СЕС на сьогоднішній день сертифіковані наступні засоби:

- ВШВ-003 в різних модифікаціях, який дозволяє поміряти рівень шуму та вібрації (рис. 4);



Рис. 4. **Прилад для вимірювання шуму та вібрації ВШВ-003 [8]**

- прилади для вимірювання вібропришвидшень датської компанії Brüel & Kjær моделей 2250, 2270 (рис. 5).



Рис. 5 **Прилади для вимірювання вібрації Brüel & Kjær 2250, 2270 [9]**

Основним недоліком пристроїв такого типу є складність у вимірюванні віброприскорень у кілкох точках одночасно. Відтак для того аби зручно зібрати і аналізувати інформацію було створено вимірювальний комплекс на основі цифрових акселерометрів GY-521 і контролерів Arduino (рис. 6). Таким чином можна підключити достатню кількість (в даному випадку 5) датчиків, а також синхронізувати результати з можливістю їх аналізу.

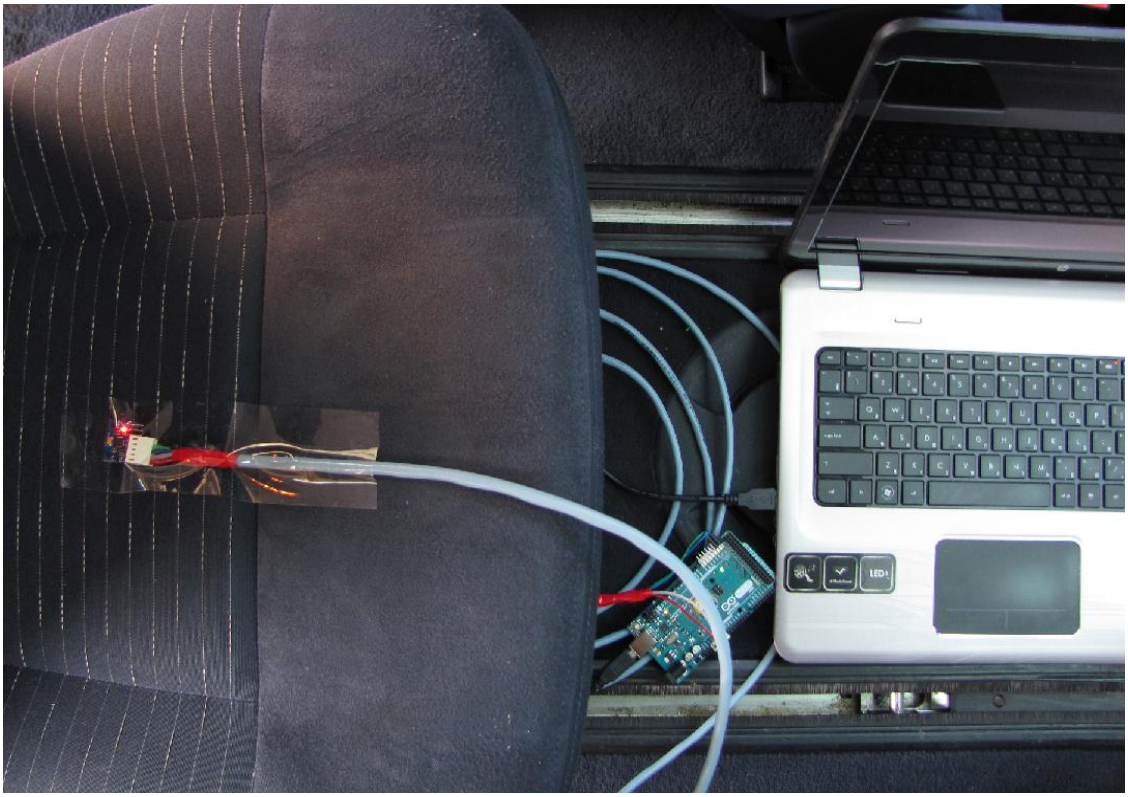


Рис. 6. **Елементи вимірювального комплексу створеного спеціально для вимірювання транспортної вібрації в автобусах**

Таким чином можна виокремити наступні вимоги для проведення випробувань автобусів щодо комфортабельності:

- випробування автобусів I класу (міських) доцільно проводити на дорогах з асфальтобетонним та брукованим покриттям;
- випробування автобусів II класу доцільно проводити на дорогах з асфальтобетонним, брукованим та грунтовим покриттям;

- випробування автобусів III класу доцільно проводити на дорогах лише з асфальтобетонним покриттям;

- давачі віброприскорень слід розмістити в передньому звисі на місці водія та місці пасажира (для моделей, в яких такі місця передбачені конструкцією), в базі, в задньому звисі та на рівні підлоги в базі для автобусів I та II класу.

Висновки. На основі наведених вимог можна формувати новий національний стандарт, що буде регламентувати вібронавантаження на пасажирських сидіннях і допоможе забезпечити необхідний рівень комфортності автобусних перевезень в Україні.

Література

1. ДСН 3.3.6. 039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – 39 с.

2. ГОСТ ИСО 10326-1-2002. Вибрация. Оценка вибрации сидений транспортных средств по результатам лабораторных испытаний. – 8 с.

3. Автотранспортные средства. Методы испытаний на плавность хода : ОСТ 37.001.275-84. – М. : НАМИ, 1985. – 12 с.

4. Автотранспортные средства. Методы испытаний на плавность хода : ОСТ 37.001.291-84. – М. : НАМИ, 1985. – 15 с.

5. Крайник Л. В. Формування нормативної оцінки плавності руху автобусів / Л. В. Крайник, С. М. Назаркевич // Вісн. Донец. акад. автомоб. трансп.. - 2009. - № 3. - С. 19-22.

6. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель. Под ред. Хачатурова А.А. – Москва: Машиностроение. – 535 с

7. Витяг із Наказу Міністрестватраспорту та зв’язкуУкраїни №285 від 12.04.2007 року [Електронний ресурс]. – Режим доступпу: http://dinatgroup.com.ua/klassifikaciya-avtobusov

8. НТЦ СТАНКОСЕРТ - Сертификация продукции и систем менеджмента [Електронний ресурс]. – Режим доступу:http://www.ukrtest.com/index.php?mode=ispyt&exmod=oborud

9. Type 2250 - Sound Level Meter - Type 2250 – Brüel and Kjær [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.bksv.com/Products/handheld-instruments/sound- level-meters/sound- level-meters/type- 2250

Стаття надійшла до редакції 11.05.2016

© М.В. Бур’ян

УДК 656.025.2

В.О. Вдовиченко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЯКІСНА ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНОГО СЕРВІСУ НА МІСЬКОМУ ГРОМАДСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Аналізується можливість використання для оцінки рівня безпеки перевезень міським громадським пасажирським транспортом показників ризику аварійності. Запропоновані принципи оцінки рівня безпеки перевезень міським громадським пасажирським транспортом на основі виділення факторів ризику виникнення аврійних подій та їх обліку в межах обраного обєкту дослідження.

Ключові слова: *безпека перевезень, міський громадський пасажирський транспорт, фактор ризику, аварійна подія.*

В.А. Вдовиченко
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СЕРВИСА НА ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Анализируется возможность использования для оценки уровня безопасности перевозок пассажиров городским общественным пассажирским транспортом показателей риска аварийности. Предложены принципы оценки уровня безопасности перевозок городским общественным пассажирским транспортом на основе выделенных факторов риска возникновения аварийного события и их учета в рамках выбранного объекта исследования.

Ключевые слова: *безопасность перевозок, городской общественный пассажирский транспорт, фактор риска, аварийное событие.*

V. Vdovychenko.
Kharkiv National Automobile and Highway University

QUALITATIVE ASSESSMENT OF THE SAFETY OF TRANSPORT SERVICE IN URBAN PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

Possibility to use assess safety traffic urban public passenger transport accident risk indicators. The proposed principles governing assessment of transport safety urban public passenger transport on the basis of allocation risk factors avriynyh events and incorporating them within selected object of research.

Keywords: *traffic safety, urban public passenger transport, the risk factor, the alarm event.*

Вступ. Перевезення міським громадським пасажирським транспортом (МГПТ) є складовим елементом формування соціально сприятливих умов проживання населення і в значній мірі впливають на рівень якості життя населення. Забезпечення якості життя міського населення відноситься до першочергової задачі міської влади і є основним критерієм оцінки ефективності його роботи. До індексу якості життя (*quality-of-life index)* який використовується при її оцінці входить складова яка враховує рівень безпеки життя і його тривалість. Дорожньо-транспортні пригоди є однією з основних причин загибелі і травмування людей [1, 2]. Кожні шість секунд аварії на дорогах планети забирають одне життя, чи призводять до одержання інвалідності. Смертність від ДТП займає третє місце у загальному переліку причин. ДТП завдають значної економічної шкоди людству. Щорічні збитки від аварій на транспорті перевищують 100 мільярдів доларів США. Статистика дорожньо-транспортних пригод показує, що у 2015 році в Україні відбулося 134 тис. пригод в яких загинуло майже 4 тис. осіб та травмовано 31,5 тис. осіб. З участю ліцензованого пасажирського транспорту протягом 2015 року відбулося 3,5 тис. дорожньо-транспортних пригод в яких загинуло 169 осіб та 1561 особа отримала травми. Боротьба за безпеку на дорогах є глобальною метою людства і стоїть особливо гостро для умов міських середовищ. Висока концентрація населення, значні обсяги транспортних пересувань, високий рівень завантаження рухом вулиць, поряд з умовами людського фактору стають вагомими чинниками зростання аварійності руху на МГПТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблеми забезпечення безпеки дорожнього руху присвячена значна кількість робіт які набули свого застосування при дослідженні безпеки міських пасажирських перевезень. Серед заходів, що сприяють зниженню аварійності міських пасажирських перевезень можна виділити підходи які реалізуються в напрямах удосконалення систем управління дорожнім рухом, підвищення ефективності елементів

© В.О. Вдовиченко

активної і пасивної безпеки транспортних засобів, формуванні програм конкурсного відбору перевізників та реалізації профілактичної роботи. Впровадження представлених напрямів має свої корисні результати, але проблема забезпечення безпеки пасажирських перевезень потребує використання комплексного підходу який базується на принципах: оцінка – комплекс дій – результат. Цей принцип полягає у необхідності проведення оцінки умов можливості забезпечення безпеки пасажирських перевезень і визначенні напряму дій які можуть сприяти покращенню результатів. Складність таких досліджень обумовлюється значною кількістю факторів ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод серед яких досить вагомим є оцінка потенційних умов досягнення абсолютної безпеки міських пасажирських перевезень.

Показник безпеки перевезень є складовим елементом оцінки якості транспортного сервісу МГПТ та в значній мірі визначає його якісний рівень. Реалізація спроб представити якісну оцінку безпеки міських пасажирських перевезень з різних сторін цього процесу представлені у сучасних роботах [3-5]. У роботі [3] авторами пропонується розглядати показник забезпечення безпеки перевезення пасажирів як функціонал який залежить від рівня захищеності пасажирів від умов виникнення ДТП, актів незаконного втручання та рівня захищеності пасажирів від забруднення довкілля. Методика оцінки передбачає проведення ретроспективного аналізу факторів забезпечення безпеки пасажирських перевезень. Запропонований підхід представлений узагальнено, базується на визначенні опосереднених даних та має свою перспективність для оцінки рівня безпеки для фактично наданого обсягу транспортного сервісу і спрямований на визначення внутрішньопаркових резервів забезпечення безпеки пасажирських перевезень.

У роботі [4] авторами запропоновано оцінювати безпеку пасажирських перевезень на основі моделі Servqual яка виконується за допомогою бальної оцінки груп нормативних параметрів транспортного процесу. Представлений підхід підтверджує важливість питань забезпечення відповідного рівня безпеки перевезень на пасажирському транспорті та відображає високу роль її значущості для створення високої споживчої цінності транспортної послуги і забезпечення конкурентних переваг транспортних підприємств.

Питання оцінки безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту у роботі [5] представлені через ергономічні напрямки її підвищення. Авторами запропоновані моделі які описують закономірності зміни стану водіїв автобусів на протязі робочого дня та дозволяють визначити умови які впливають на показник активності регуляторних систем водія. До основних факторів впливу на показник активності регуляторних систем водія відносяться: довжина маршруту, довжина автобусу, час роботи водія, співвідношення вартості автобусів до їх місткості, співвідношення віку водія до його стажу. На основі розробленої моделі зміни показника активності регуляторних систем можна провести аналіз зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при різних умовах роботи.

Постановка проблеми. На основі аналізу досліджень і публікацій можна зробити висновок про багатогранність підходів до оцінки безпеки перевезень пасажирів на міському громадському пасажирському транспорті. Однак при всьому різноманітті підходів слід відмітити необхідність дослідження проблеми оцінки безпеки пасажирських перевезень як споживчої якісної характеристики транспортного сервісу, що базується на оцінці експлуатаційних умов роботи МГПТ та ризиків виникнення аварійних ситуацій на його об’єктах.

У зв’язку з цим **метою роботи** є формування принципів оцінки рівня безпеки пасажирських перевезень МГПТ на основі виділення факторів ризику виникнення аврійних подій та їх обліку в межах обраного обєкту дослідження.

Результати досліджень. Формування принципів оцінки безпеки транспортного сервісу базується на виділенні і систематизації умов і факторів ризику настання аварійних подій. При формуванні цих принципів необхідно визначити основні параметри безпеки пасажирських перевезень. Вид показників залежить від характеру роботи системи, її структурних властивостей, типу небезпечних подій які в значній мірі характеризують можливість відновлення робочого стану МГПТ, визначають нанесені збитки та впливають на якісну характеристику транспортного сервісу. Для оцінки цих показників можливо використання кількісних та якісних показників безпеки пасажирських перевезень. Кількісні показники характеризують безпеку безпосередньо за допомогою деяких числових величин які можуть приймати детермінований або імовірнісний вид. Серед причин, що обмежують використання детермінованих показників оцінки безпеки слід виділити те, що ці показники не відображають імовірнісну природу процесів експлуатації та обслуговування МГПТ, мають зазвичай обмежену сферу застосування, носять окремий особистий характер та не можуть бути визначені аналітичними методами. Загальний характер проблеми

використання кількісних показників оцінки безпеки пасажирських перевезень на МГПТ пояснюється багатофакторною природою впливу факторів на умови безпеки руху, складністю їх обліку та розрахунку, ретроспективним характером їх отримання та неможливістю їх застосування для аналізу перспективного стану перевезень. Альтернативою кількісної оцінки безпеки пасажирських перевезень є якісні показники які дають можливість проведення непрямої оцінки безпеки за рахунок виділення імовірнісних показників та дозволяють за допомогою аналітичних досліджень визначити можливі умови забезпечення відповідного рівня безпеки пасажирських перевезень на МГПТ.

Імовірність виникнення небезпечної ситуації під час пасажирських перевезень залежить від факторів ризику які визначаються умовами реалізації транспортного процесу, станом дорожньої мережі, технічним станом транспортних засобів, людськими факторами та ін. Відповідно до існуючих підходів можна виділити групи факторів ризику небезпеки пасажирських перевезень МГПТ на суб'єктивні і об'єктивні види.

До складу суб'єктивних факторів відноситься:

– фактори стану водія МГПТ, які визначаються якостями водія (особисті, психофізіологічні якості, працеспроможність, підготовленість, мотивація, вік, досвід роботи, інформованість, небезпечний стан);

– фактори стану водіїв транспортних засобів та пішоходів (економічні, демографічні, соціальні, особисті, психофізіологічні якості, вік, досвід, інформованість, небезпечний стан);

До складу об'єктивних факторів відноситься:

– фактори транспортних засобів (конструктивні і динамічні параметри, розмір, маса, технічний стан);

– фактори транспортної інфраструктури (тип дороги, кількість смуг, геометричні параметри, рівень перетинань, обладнання перехресть, дорожня розмітка, рівень транспортної конфліктності об'єктів пасажирської інфраструктури);

– фактори формування умов руху (допустима і фактична швидкість руху, інтенсивність і склад транспортних потоків, рівень транспортної конфліктності на елементах транспортної інфраструктури, рівень завантаження рухом);

– фактори зовнішньої середи (погодні умови, час доби, стан доріг, наявність штучних перешкод, наявність освітлення).

При проведенні якісної оцінки безпеки пасажирських перевезень необхідно визначити характер впливу визначених факторів на ризик виникнення аварійних ситуацій. Показник якісної оцінки рівня безпеки перевезень може бути визначений на основі оцінки ризику виникнення ситуації яка сприяє настанню негативних (аварійних) подій. Показники ризику починають все ширше використовуватися в області безпеки дорожнього руху. Особливо це стає актуальним у ході аудиту безпеки існуючих автомобільних доріг, коли необхідно провести експрес-аналіз небезпеки ділянок доріг або дати оцінку безпеки руху на конкретних автомобільних дорогах. Схема реалізації принципу якісної оцінки безпеки пасажирських перевезень на МГПТ представлена на рис. 1.

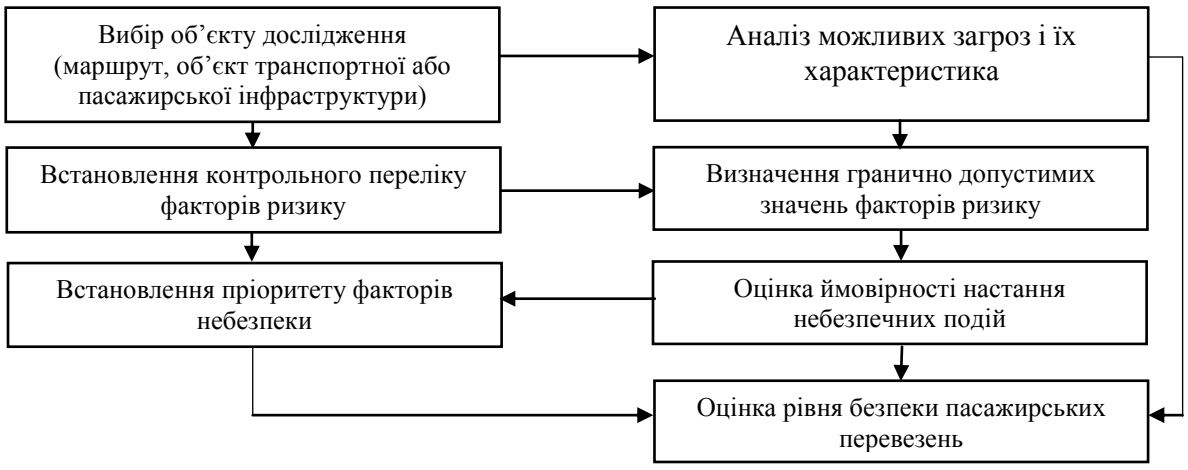


Рис. 1. **Схема якісної оцінки безпеки пасажирських перевезень на МГ**ПТ

На основі аналізу можливих загроз і їх характеристики, відповідно обраного об'єкту дослідження формується матриця факторів ризику аварійних ситуацій, яка у подальшому трансформується у матрицю ризиків. Складовим елементом матриці ризиків є функціонал який визначає рівень небезпечності перевезень і може бути визначений на основі обліку настання можливих аварійних подій. Складним питанням при дослідженні безпеки пасажирських перевезень є визначення допустимого його рівня. Впровадження нормативних значень цього показника не має сенсу тому, що основна задача організації пасажирського транспортного сервісу полягає у забезпеченні абсолютного рівня його безпеки. Такий стан можливий лише за умов повної адаптації факторів ризику до умов забезпечення безпеки. Ймовірність настання аварійних подій має складну природу і може бути визначена на основі обліку множини її розподілу. Передбачимо, що розподіл виникнення аварійних подій має випадковий характер який визначається складовою шуму її розподілу. Однак є інформація про межі розподілу цієї імовірності відносно нижньої та верхньої межі настання подій які можуть бути описані у вигляді функції розподілу випадкових величин. Межі розподілу функції формуються на основі оцінки пріоритету факторів небезпеки пасажирських перевезень і визначають групу факторів які мають вагомий вплив на рівень безпеки. Процедура вибору факторів впливу проводиться на основі аналізу умов функціонування досліджуваного об'єкту. Визначення гранично допустимих значень факторів ризику проводиться шляхом визначення рівня корисності обраних показників. Функція ризику настання аварійної ситуації для окремого фактору впливу визначається на основі оцінки можливого його впливу з урахуванням умов забезпечення абсолютного рівня безпеки:

$$S(u_i) = S_i - f(w_i) \tag{1}$$

де S_i - рівень значення i –го фактору який забезпечує абсолютний рівень безпеки перевезень пасажирів на об'єкті дослідження;

$f(w_i)$ - функція ризику i –го фактору впливу на безпеку перевезень пасажирів.

Визначення значень абсолютного рівня безпеки визначається шляхом вибору найкращої функції $f(w_{0i})$ з параметричної множини $f(w_i)$ на множині параметрів $W = \{w_i\}, (i = \overline{1,n})$.

Функція розподілу величини виникнення аварійної події i –го фактору впливу на безпеку перевезень пасажирів $P(u_i)$ визначається з множини $P = \{p_i\}, (i = \overline{1,g})$ яка визначає відповідні функції щільності настання аварійних подій.

Враховуючи неможливість визначення чіткого значення виникнення аварійної події для відповідного об'єкту дослідження пропонується оцінку рівня безпеки пасажирських перевезень проводити виходячи з мінімаксної (песимістичної) моделі. Використання такого виду моделі є досить обґрунтованим в умовах невизначеності, коли процес обліку функцій розподілу має складний ймовірнісний характер. Основна ідея використання такого методу при оцінці безпеки пасажирських перевезень ґрунтується на гіпотезі про необхідність обліку в якості критерію дисперсії розподілення ймовірності виникнення аварійної ситуації. Для об'єкту дослідження показник безпеки пасажирських перевезень може бути представлений як сумарна мінімаксна функція що відображає рівень ризику та вірогідність настання аварійної події:

$$SL = \sum_{i=1}^{m} \min_{w_i \in W} \max_{p(u_i) \in P} \int S(u_i) P(u_i)\, du_i \tag{2}$$

де m - кількість факторів впливу на безпеку перевезень.

Кількість факторів впливу на безпеку перевезень визначається за умов їх відповідності встановленому контрольному переліку факторів ризику які обираються з області допустимих значень:

$$w_i^m = \min\left\{ w_i \in y \,\middle|\, y_j \to y_j^k, j = \overline{1,h} \right\}, \tag{3}$$

© В.О. Вдовиченко

де y_j - область контрольного переліку факторів ризику;

y_j^k - допустимі значення факторів області контрольного переліку.

Область контрольного переліку факторів ризику визначається на основі аналізу умов руху транспортних засобів в залежності від структури об'єкту дослідження і матриці впливу факторів аварійності на умови функціонування об'єкту дослідження.

Висновки. Запропонований у роботі підхід до якісної оцінки рівня безпеки перевезень на МГПТ використовує комбінацію методів оцінки ризиків на основі мінімаксної (песимістичної) моделі та методів теорії імовірності має універсальний характер який дозволяє проводити процедуру її визначення для різних його структурних елементів.

Сформовані на основі запропонованих моделей принципи оцінки рівня безпеки перевезень на МГПТ дозволяють в умовах складності та невизначеності рівня впливу факторів безпеки формалізувати процедуру її визначення і надає можливість подальшого уточнення її шляхом отримання статистичної інформації для відповідних об'єктів дослідження.

Напрямом подальших досліджень є аналіз структури області контрольного переліку факторів ризику аварійних подій, визначення характеру залежності функції розподілу величини виникнення аварійної події та інтеграція запропонованої функції якісної оцінки безпеки перевезень до системного критерію ефективності функціонування міської пасажирської транспортної системи.

Література

1. Peden, M. Injury: a leading cause of the global burden of disease. [Text] / M. Peden, K. McGee, E. Krug // Geneva: World Health Organization, 2002. – p. 112-126.

2. Nantulya, V.M. Equity dimensions of road traffic injuries in low-and middle income countries. [Text] / V.M. Nantulya, M.R. Reich // Injury Control and Saefety Promotion. – 2003. – vol. 10. - p. 13-20.

3. Більченко, В.В. Визначення рівня безпеки перевезення пасажирів міським транспортом [Текст] / В.В. Більченко, С.В. Цимбал, Б.В. Соломнюк // Сборник научных трудов SWorld. – Одесса: КУПРИЕНКО. – 2013 – Выпуск 2. Том 1. – с. 50-55.

4. Мельник, Т.С. Показники безпеки пасажирського транспорту в системі Servqual та комплексній оцінці конкурентоспроможності [Текст] / Т.С. Мельник, О.В. Христофор // Транспортные системы и технологи перевозок – 2011. - №2. – с. 69-73.

Давідіч, Ю.О. Ергономічні напрямки підвищення безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту [Текст] / Ю.О. Давідіч, Л.А. Назаренко, Д.П. Понкратов, Є.І. Куш // Коммунальное хозяйство городов. – 2013. - №107. – с. 439-444.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2016

© В.О. Вдовиченко

УДК 629.113.004

В. П. Волков, С. М. Мастепан, В. Ю. Рижова, І. М. Фоменко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ФОРМУВАННЯ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ПАТ

Розглянуто порядок моніторингу стану нормативного забезпечення, визначено його складові і сформовано загальний підхід до формування системи стандартів та нормативів для процесу технічного обслуговування та ремонту автомобілів на підприємствах автомобільного транспорту. Визначені основні проблеми нормування та система нормативного забезпечення виробничих процесів на ПАТ.

Ключові слова: *моніторинг, нормативне забезпечення, виробничі процеси, правова база, підприємство.*

В.П. Волков, С.Н. Мастепан, В.Ю. Рыжова, И.М. Фоменко
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПАТ

Рассмотрен порядок мониторинга состояния нормативного обеспечения, определены его составляющие и сформирован общий подход к формированию системы стандартов и нормативов для процесса технического обслуживания и ремонта автомобилей на предприятиях автомобильного транспорта. Определены основные проблемы нормирования и система нормативного обеспечения производственных процессов на ПАТ.

Ключевые слова: *мониторинг, нормативное обеспечение, производственные процессы, правовая база, предприятие.*

V. Volkov, S. Mastepan, V. Ryzhov, I. Fomenko
Kharkiv National Automobile and Highway University

FORMATION OF DIRECTIONS REGULATORY SUPPORT PRODUCTIONS AT ENTERPRISES OF ROAD TRANSPORT

We consider the order of condition monitoring regulatory support, determined its composition and formed a common approach to the formation of standards and regulations for the process of maintenance and repair of cars on road transport enterprises. The basic problem of regulation and regulatory support system of production processes at the plant road.

Keywords: *monitoring, regulatory support, production processes, regulatory framework, enterprise.*

Постановка проблеми. Протікання процесів технічного обслуговування (ТО) та ремонту автомобілів потребує використання різнопланових норм: нормативних значень параметрів технічного стану вузлів і агрегатів, використання матеріальних ресурсів, організації праці тощо.

Основною метою діяльності кожного підприємства є досягнення стабільного, ефективного і якісного функціонування виробничого процесу. Зазначене підкреслює важливість аналізу і розробки системи нормування виробничого процесу на підприємствах.

На економічні показники роботи підприємств автомобільного транспорту суттєво впливає забезпеченість стандартами, обґрунтованість норм і нормативів, методи і способи організації нормативного забезпечення. На підприємстві повинна бути налагоджена системна робота з оцінки рівня та відповідності і удосконалення системи нормативного забезпечення виробничого процесу.

Нормування виробничих процесів є елементом наукової організації праці. Наукова організація праці - процес вдосконалення організації праці на основі досягнень науки і передового досвіду [1, 2].

Основоположником наукової організації праці вважається Фредерік Тейлор (1856-1915) [2]. Його досліди наукового підходу до організації рутинної, важкої фізичної праці викликали величезний інтерес і поклали початок пошукам способів наукової раціоналізації трудових процесів шляхом ретельного вивчення і проектування прийомів і методів праці з використанням хронометражних спостережень, поліпшення організації робочих місць, встановлення обґрунтованих нормативів та інших заходів.

Сучасне виробництво базується на логістичному підході до використання ресурсів [3, 4, 5] і забезпечення ефективності виробничих процесів та якості продукції і послуг [6, 7].

На законодавчому рівні процеси нормативного забезпечення функціонування підприємств автосервісу пройшли цілий ряд етапів. На які впливають, по-перше, глобальні процеси розвитку технологій, по-друге, можливості підприємств автосервісу та їх клієнтів. З огляду на це, нормативно-правовий механізм регулювання відносин у галузі автосервісу може виступати

© В.П. Волков, С.М. Мастепан, В.Ю. Рижова, І.М. Фоменко

потужним стимулятором розвитку якості послуг. Також може носити обмежувальний характер, тож його вивчення на сучасному етапі є актуальною науковою проблемою.

Досліджено нормативні та правові механізми регулювання послуг підприємств, питання забезпечення захисту інтересів споживачів, державного регулювання діяльності суб'єктів господарювання, забезпечення конкурентного розвитку ринку послуг [8-10]. Але тема повністю не розкрита.

Метою роботи є підвищення ефективності та якості функціонування виробничого процесу підприємства шляхом удосконалення системи нормування процесів технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

Задачею досліджень є обґрунтування вимог, обмежень до системи нормативного забезпечення виробничого процесу та проаналізувати стан діючих в Україні нормативних та правових механізмів регулювання послуг підприємств автосервісу.

Результати досліджень. Моніторинг та формування складних процесів і систем, таких як процес ТО і ремонту автомобілів та система його нормативного забезпечення, відбувається за схемою (рис. 1).

За масштабами впливу моніторинг буває постійним і тимчасовим. Моніторинг виробництва технічного обслуговування і ремонту автомобілів в цілому і його нормативного забезпечення повинен бути постійним.

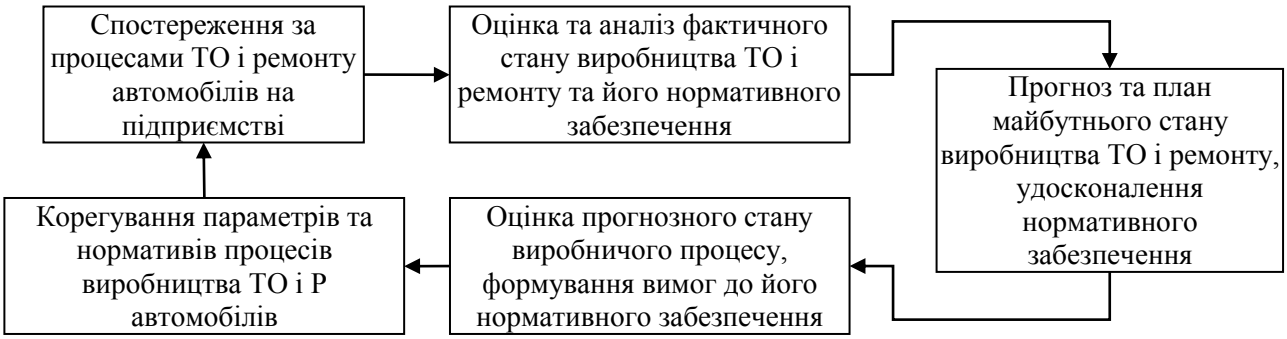


Рис. 1. **Моніторинг нормативного забезпечення процесу підприємства**

Системи моніторингу процесів підприємств автомобільного транспорту повинні використовувати всі методи спостереження:

моніторинг статистичних показників функціонування процесів: час обслуговування, витрати на ТО і ремонт, час обертання обігових коштів тощо;

безпосередні та дистанційні вимірювання параметрів процесу: параметри технічного стану автомобілів, технологічного устаткування тощо;

моніторинг станів системи, процесу: рентабельність, продуктивність праці, система навчання, система інформаційного забезпечення тощо.

За характером узагальнення інформації розрізняють такі системи моніторингу [11, 12]:

глобальний – стеження та врахування загальносвітових процесів розвитку виробництва, технологічних процесів ТО і ремонту транспортних засобів, процесів вивчення впливу транспорту на екологію;

національний – моніторинг нормативно-правових актів, ринків матеріальних ресурсів та ін. в масштабах країни;

регіональний – спостереження за процесами і явищами в межах регіону розташування підприємства, де ці процеси і явища можуть відрізнятися за характером від загальнонаціональних;

системний – моніторинг процесів, що відбуваються в системі: на підприємстві;

локальний – моніторинг змін конкретного елементу системи: процес виробництва, процес матеріально-технічного, нормативного забезпечення;

Досліджено нормативне підґрунтя оптимізації систем управління якістю на підприємствах автосервісу [10, 13]. Досить розвиненою є система нормативно-правової документації, яка регламентує безпеку виробничого процесу на автосервісних підприємствах. Безпеку виробничих процесів регламентують цілою низкою нормативів, такими як основні положення [14, 15], вимоги безпеки до обладнання [16]. Вимоги до конкретного обладнання, крім того, встановлені в стандартах, нормах і правилах органів державного нагляду та інших НТД з безпеки праці. Забезпечення безпечного стану будівель і споруд досягається шляхом реалізації вимог охорони

праці при будівництві, реконструкції, експлуатації й ремонті будівель і споруд. Ці вимоги, викладені в будівельних нормах і правилах для різних будівель і споруд у БНіП. Створення здорових санітарно-побутових умов для працівників передбачає обладнання санітарно-побутових приміщень і їхнє функціонування відповідно до вимог [17].

Законодавче та нормативне забезпечення функціонування підприємств автосервісу представлено на (рис. 2).

Технічне обслуговування, ремонт та пов'язані з ними процеси регулюють як загальнодержавні і місцеві нормативно-правові акти, так і вимоги підприємств-автовиробників.
До нормативної бази автовиробників слід віднести як вимоги, які містяться в інструкціях з експлуатації транспортних засобів у частині регламентів технічного обслуговування автомобілів, так і нормативи витрат на виконання робіт із обслуговування та ремонту, визначені виробником транспортного засобу.

Регламент проведення технічного обслуговування та ремонту, вимоги та нормативи автовиробників дозволяють стверджувати наступне. Автомобілі всіх марок та типів мають своєчасно отримувати технічне обслуговування та ремонт. При цьому конкретний перелік робіт та норми витрат для їх проведення визначає автосервісне підприємство та/або автовиробник разом із технологією виконання робіт з обслуговування та ремонту. Держава ж встановлює загальні вимоги до проведення таких робіт та визначає мінімальні та рекомендовані нормативи витрат та якості.

Основними нормативами, які забезпечують безперебійне функціонування транспортного засобу, є норми витрат часу на кожну операцію та норми витрат матеріалів на проведення цих робіт [18]. Ці нормативи встановлюються автовиробниками на основі досконального дослідження рекомендованих технологій ремонту із використанням рекомендованого спеціального обладнання та інструменту, персоналом необхідної кваліфікації. При цьому враховуються найдрібніші деталі аж до, наприклад, часу, який потрібний, щоб доставити запчастини зі складу в робочу зону. Також варто відмітити, що автовиробниками щорічно проводиться перегляд нормативів часу, вони коректуються й змінюються у залежності від розробки перспективних і ефективних способів технічного обслуговування і ремонту автомобілів або створенням нового чи модифікацією обладнання, яке дозволяє виконувати роботу швидше.

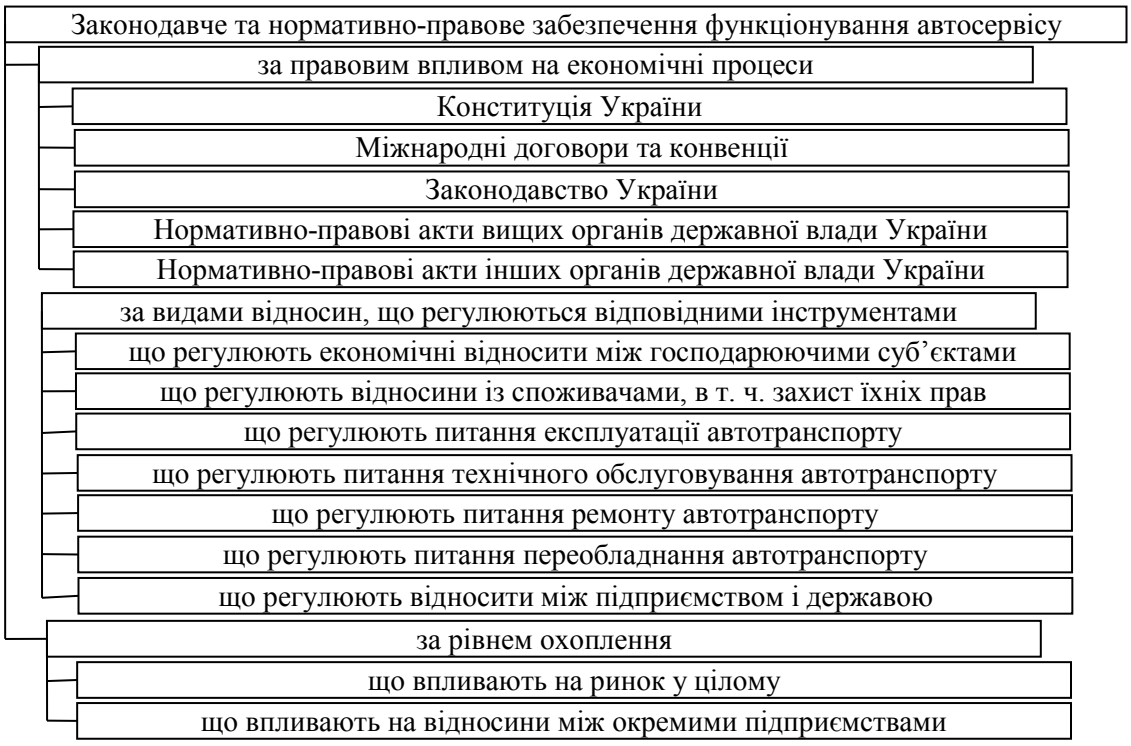


Рис. 2. **Структурна схема законодавчого та нормативно-правового забезпечення підприємств автосервісу**

Однак щоб провести практичні виміри таких нормативів, як правило виробником береться новий автомобіль і персонал, який уже добре обізнаний про роботу із даною моделлю. В

реальності ж майстрам доводиться мати справу із автомобілями, що були у користуванні, тож нормативи будуть порушені щонайменше через наявність заіржавілого кріплення. Тим більше, що фахівці в універсальних автосервісах мають менший досвід і не завжди знають специфіку кожної конкретної моделі та модифікації. Особливо складно автосервісам, які обслуговують такі автомобілі, де одні й ті самі моделі можуть мати суттєво різні елементи, наприклад, у підвісці чи навісному обладнанні двигуна, що вимагають різного спеціального інструменту та різних навичок роботи. Не зважаючи на це, нормативи працезатрат у авторизованих автосервісних підприємствах мають тенденцію до зниження через вимоги виробників.

Підприємствам автосервісу слід врахувати вплив цих витрат на прибутковість та визначити конкретні оптимальні види технологій, які відповідатимуть як вимогам виробників, так і гарантуватимуть економічну доцільність проведення робіт. Крім того, у ряді технологій утворюються так звані побічні продукти, які мають деяку цінність і можуть бути реалізовані поза результатами замовлення на ремонт чи технічне обслуговування.

Завдання нормативного забезпечення процесів ТО та ремонту ТЗ [10] вирішується за допомогою системи (рис.3).

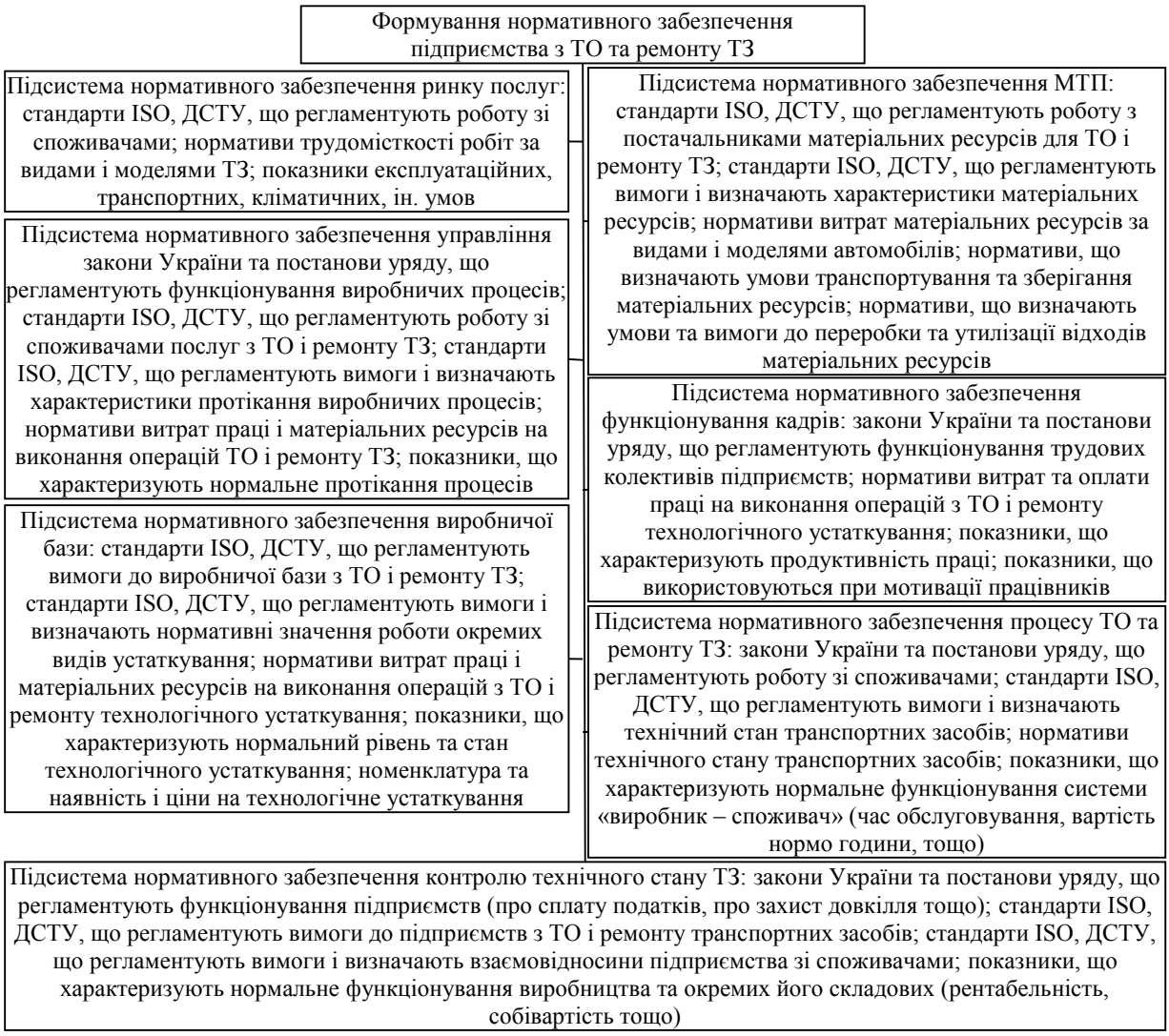


Рис. 3. **Склад системи нормативного забезпечення процесами ТО та ремонту ТЗ**

Структура стандартів на підприємстві автомобільного транспорту повинна мати 6 основних розділів:

стандарти, що визначають безпеку руху та систему захисту навколишнього середовища;
стандарти, що визначають систему управління якістю ТО і ремонту транспортних засобів;
стандарти, що визначають відповідальність керівників за організацію і управління процесами;
стандарти, що визначають управління ресурсами для технічного обслуговування і ремонту ТЗ;
стандарти, що регламентують процеси життєвого циклу транспортних засобів;

© В.П. Волков, С.М. Мастепан, В.Ю. Рижова, І.М. Фоменко

стандарти, що регламентують вимірювання, аналіз та поліпшення якості технічного обслуговування і ремонту ТЗ.

Висновки. Отже, формування нормативного та законодавчого забезпечення функціонування підприємств автосервісу в Україні вже набуло досить системного та завершеного вигляду. Проте існують як системні недоліки у визначенні норм та нормативів часу на виконання робіт із технічного обслуговування та ремонту. Так існує і потреба у визначенні та науковому дослідженні зв'язків та впливів законодавчого та нормативного забезпечення на різні види управлінських, інформаційних, виробничих та технологічних процесів на підприємствах автосервісу.

Дотримання та реалізація усіх нормативів та правових засад діяльності підприємств автотранспорту та автосервісу дозволить отримати наступні ефекти макро- та мікроекономічних масштабів. По-перше, слід відзначити виробничий ефект, який означає, що завдяки широкому впровадженню стандартизованих нормативів вдасться здійснити інтенсифікацію виробництва, оптимізацію виробничих процесів та окремих технологічних операцій. По-друге, маємо згадати також про соціально-політичний ефект, який можна отримати у вигляді підвищення індикаторів якості життя через кращу доступність та якість послуг автосервісу. Останнім часом набуває дедалі більшої важливості можливість отримання екологічного ефекту завдяки зменшенню використання матеріальних ресурсів, поліпшенню очищення вод та повітря тощо.

Література

1. Рофе А. И. Организация и нормирование труда./ А. И. Рофе «МИК», 2003 г. – 367 с.

2. Тейлор Ф. У. Научная организация труда / Ф. У. Тейлор, 2-е изд., М., 1925 – 131 с.

3. Бережной В. И., Бережная Е. В. Методы и проблемы управления материальными потоками микрологистической системы автопредприятия./ В. И. Бережной, Е. В. Бережная – Ставрополь: Интелект-сервис, 1996. – 155 с.

4. Курніков І. П. Управління запасами в автосервісі в умовах невизначеності попиту/ І. П. Курніков // Автошляховик України. – 2002. - №1. С. 15-17.

5. Миротин Л. Б. Управление автосервисом/Л. Б. Миротин. – М.: Экзамен, 2004. – 320 с.

6. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами./ Е.С. Кузнецов Учебное пособие/ МАДИ (ТУ). – М.: Моск. автом-дорожн. ин-тут, 1998. – 202 с.

7. Глудкин О. П. Всеобщее управление качеством / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов, А. И. Гуров, Ю. В. Зорин. – М.: Радио и связь, 1999. – 600 с.

8. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Процесна модель мультипроектного управління в підприємствах автосервісу/ С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук // Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру Транспортної академії України. – 2007. – Випуск 10. – С. 49–52.

9. Лудченко, О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління / О. А. Лудченко. – К. : Знання-Прес, 2004. – 478 с.

10. Мастепан С. М. Створення системи нормативного забезпечення процесів технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів / Мастепан С. М. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 64. – С. 50-56

11. Арзамасов, Ю. Г. Теория ведомственного нормотворчества / Ю. Г. Арзамасов. -М. : Изд-во СГУ, 2005. 239 с.

12. Макашева З.М. Исследование систем управления./ З.М. Макашева – М.: КНОРУС, 2008. – 176 с.

13. Васадзе Т.Ш., Курніков І.П., Лобода А.В., Терещенко Є.В., Пустовойтенко С.В., Скороход В.С., Півник Д.А. Оптимізація процесів формування системи якості в автосервісі: нормативні і ринкові аспекти./ Т.Ш. Васадзе, І.П. Курніков, А.В. Лобода, Є.В. Терещенко, С.В. Пустовойтенко, В.С. Скороход, Д.А. Півник // Автошляховик України, № 4, 2000.–с. 8-11

14. ГОСТ 12.3.002-75 "ССБП. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки" (СТ СЭВ 1728-89) та "Правилах охорони праці на автомобільному транспорті", затверджених Наказом МНС України від 09.07.2012 № 964.

15. ГОСТ 12.3.010-82 "ССБП. Тара виробнича. Вимоги безпеки при експлуатації".

16. ГОСТ 12.2.003-91 "ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности".

17. БНіП II-92-76 "Допоміжні будинки й приміщення промислових підприємств. Норми проектування" і БНіП 2.04.05-92 "Опалення, вентиляція й кондиціонування повітря".

18. Лаврова Ю. В. Маркетинг. Класичні положення і особливості застосування на транспорті / Ю. В. Лаврова − Харків: Изд-во ХНАДУ, 2012. − 227 с.

Стаття надійшла до редакції 04.05.2016

© В.П. Волков, С.М. Мастепан, В.Ю. Рижова, І.М. Фоменко

УДК 622.6-592.112

А. И. Вольченко, В. Я. Малык, И. О. Бекиш
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

НАНОТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПАРАХ ТРЕНИЯ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В материалах статьи проиллюстрированы нанотрибологические процессы в парах трения барабанно-колодочных тормозов автотранспортных средств. Уделено внимание состоянию поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения тормоза и методологии оценки энергонагруженности тормозных барабанов. Установлено термостабилизационное состояние ободов тормозных барабанов автотранспортных средств и предложен метод оценки их энергонагруженности.

Ключевые слова: *барабанно-колодочный тормоз, пары трения, обод барабана, нанотрибологические процессы, энергонагруженность.*

О. І. Вольченко, В. Я. Малик, І. О. Бекіш
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

НАНОТРИБОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПАРАХ ТЕРТЯ БАРАБАННО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У матеріалах статті проілюстровані нанотрибологічні процеси в парах тертя барабанно-колодкових гальм автотранспортних засобів. Приділено увагу стану поверхневих і приповерхневих шарів металополімерних пар тертя гальма і методології оцінки енергонавантаженості гальмівних барабанів. Встановлено термостабілізаційний стан ободів гальмівних барабанів автотранспортних засобів і запропонований метод оцінки їх енергонавантаженості.

Ключові слова: *барабанно-колодкове гальмо, пари тертя, обід барабана, нанотрибологічні процеси, енергонавантаженість.*

A.I. Volchenko, V.Y. Malyk V.Y., I.O. Bekish
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

NANOTRIBOLOGICAL PROCESSES IN THE FRICTION PAIRS OF THE DRUM BRAKES OF THE VEHICLES

Parameters of the processes, phenomena and effects of friction and wear, regulated by the theory of A.V. Chichinadze, characterized by the following indicators: the materials properties of the friction pair and the environment; micro and macro geometry of the contacting elements and the static coefficient of overlapping; modes of the friction loads, sliding speed, the initial surface and volume temperature and its gradient by the coordinate and by the time.

It is necessary to mention two phenomena accompanying the friction, that have the greatest impact on the performance to mobile interfaces in the units and devices, mechanisms and machines: wear of the contact details and the heat generation in the process of friction. However, previously it has not been paid attention to gradient theory of the mechanical, electrical and chemical fields, witch observed in metal-polymer friction pairs of the drum brake.

We've illustrated nano tribological processes in friction pairs of the drum brakes of the vehicles. We've considered the following questions in relation to this issue: the state of the surface and near-surface layers of metal-polymer friction brake; assessment of the methodology of energy loading of the brake drums. We've established the thermal stabilization state of rims of the brake drums of the vehicles and proposed a method for evaluating of their energy loading.

Keywords: *drum brake, friction pairs, drum rim, nanotribological processes, energy loading.*

Состояние проблемы. Параметры процессов, явлений и эффектов трения и износа, регламентируемые теорией А. В. Чичинадзе, характеризуются следующими показателями: свойствами материалов пары трения и окружающей среды; микро- и макрогеометрией контактирующих элементов и статическим коэффициентом взаимного перекрытия; режимами трения по нагрузкам, скорости скольжения, начальной, текущей поверхностной и объемной и поверхностной температурой и ее градиентом по координате и времени. Согласно работ [1, 2] из явлений, сопровождающих трение, необходимо отметить два, оказывающих наибольшее влияние на работоспособность подвижных сопряжений в узлах и устройствах агрегатов, механизмов и машин: изнашивание контактирующих деталей и выделение теплоты в процессе трения. Однако, в данных исследованиях не было уделено внимание градиентной теории механических, электрических и химических полей, наблюдаемых в металлополимерных парах трения барабанно-колодочного тормоза.

Как указывает А. В. Чичинадзе металлы имеют температуру теплового насыщения (табл. 1).

© А. И. Вольченко, В. Я. Малык, И. О. Бекиш

Таблица 1

Температуры теплового насыщения некоторых металлов

Материалы	Чугун	Сталь	Cu	Al	Cr	Na
t_n,ºС	187,0	185,0	68,5	104,0	201,0	252,0

При этом в работе [2] отмечалось, что металлические и неметаллические фрикционные элементы тормозных устройств характеризируются коэффициентом теплового насыщения (см. табл. 2).

Данный коэффициент устанавливает связь между теплофизическими параметрами материала: коэффициентом теплопроводности (λ), теплоемкостью (c), и плотностью (ρ). Однако коэффициент теплового насыщения материала можно представить в другом виде, использовав подстановку $c\rho=\lambda/(a)$. В этом случае получаем $\lambda\sqrt{a^{-1}}$, где а – коэффициент температуропроводности материала.

Таблица 2

Коэффициенты теплового насыщения металлических и неметаллических фрикционных элементов тормозных устройств

Материалы	стали:		чавуны:		ретинакс:	
	30ХГСА	65Г	ЧНМХ	серые	тип А	тип Б
Коэффициент теплового насыщения, $\sqrt{\lambda c\rho}$, Н·м/(м^2·с^{0,5}·ºС)	121,0-122,0	128,0-109,0	136,0-141,0	130,0-142,0	131,0-145,0	

Однако, приведенные температуры теплового насыщения некоторых металлов не отвечают термостабилизационному тепловому состоянию обода тормозного барабана, поскольку не учитываются фазовые переходы первого и второго рода, происходящие в поверхностных и приповерхностных слоях полимерной накладки.

Состояние поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения тормоза. Прежде чем давать оценку состояния поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения тормоза остановимся на применяемых материалах для их изготовления.

Примерный химический состав металлических фрикционных элементов (тормозных барабанов) представлен в табл.3. Рассмотренные материалы для тормозных барабанов могут успешно использоваться для тормозных дисков автотранспортных средств.

Таблица 3

Химический состав металлических фрикционных элементов

Металлический элемент трения	Химический элемент, вес. %									
	C	Cr	Cu	Mg	Mn	Ni	P	S	Si	Fe
Чугун	3,0-3,5	0,15	0,001	0,001	0,6-1,0	0,50	0,60	0,15	1,8-2,4	92,66
Сталь	0,42-0,5	0,25	0,25	-	0,5-0,8	0,25	0,04	0,4	0,17-0,37	97,89

Остановимся на химическом составе полимерных накладок, который представлен в табл. 4

Таблица 4

Химический состав материалов фрикционных накладок (ФН)

ФН	Содержание элементов, %																	
	$C_{своб}$	S	Al	Cu	Fe	Si	Zn	Pb	Ni	Ti	Sb	Ba	Ca	K	Mn	Mg	Na	Sr
G	16,4	3,70	3,33	7,66	3,69	0,64	2,8	3,1	0,260	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	24,2	2,95	3,95	3,34	14,9	1,08	2,2	0,08	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	18,1	-	0,84	11,8	27,4	-	3,3	0,13	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
A	22,7	-	1,97	5,84	14,3	1,12	3,7	0,16	0,023	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
H	19,6	-	0,24	5,13	19,5	0,34	1,1	0,01	0,004	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
D	19,1	-	0,13	11,8	35,2	0,29	3,5	0,05	0,008	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
J	22,3	-	0,31	0,23	30,9	0,21	0,1	2,08	0,001	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-	-	0,50	9,50	32,7	0,28	2,7	2,40	-	0,04	4,5	0,8	-	-	-	-	-	-
L	-	-	0,36	10,5	34,0	0,29	2,9	2,66	-	0,04	4,9	0,6	-	-	-	-	-	-
E	19,4	19,4	0,67	8,23	19,4	0,11	2,4	0,09	0,01	0,00	-	2,9	2,9	0,04	0,13	0,1	0,05	0,02
F	19,0	19,0	0,82	9,85	19,6	0,24	3,6	0,16	0,05	0,08	-	2,9	0,4	0,21	0,17	0,3	0,05	0,03

© А. И. Вольченко, В. Я. Малык, И. О. Бекиш

Материалы фрикционной накладки представляют собой композит, состоящий из фракций различной степени дисперсности и химического состава. В табл. 4 представлены материалы фрикционных накладок отечественных DAfmi, Trans Master (Украина) и зарубежных QH, Zucas, AP Zockheed, Eerodo (Великобритания); ATE, Bosch (Германия); Samko (Италия); Roulunds (Венгрия) и Полиэдр, ВАТИ, STS, ТИИР, ЕЗАТИ (Россия).

Все представленные материалы фрикционных накладок отличаются по твердости, прочности и упругости, по химическому и композитному составам, размеру и дисперсности структурных составляющих.

Связующим всех материалов фрикционных накладок является фенолформальдегидная смола (табл. 4). Во всех материалах фрикционных накладок основными твердыми включениями являются: стальная высечка, алюминиевая и латунная стружка (в материале накладки D – медная стружка), слюда.

Сопоставительный анализ компонентов, входящих в состав материалов тормозных барабанов и фрикционных накладок показывает, что большинство из них относится к полупроводниковым материалов. Кроме того, взаимодействие пар трения «чугун-полимер» в различных средах позволяет формировать на их поверхностях полупроводниковые пленки в зависимости от теплового состояния металлического и неметаллического фрикционного элемента [3].

В связи с тем, что материалы фрикционной накладки ведут себя по разному в интервале температур до допустимой и выше ее и при этом приповерхностные слои накладки могут находится в твердом состоянии полностью и частично в жидком и газообразном состоянии. Исходя из этого выделим следующие типы поверхностей раздела: «металл-полимер»; «металл-полимер с жидкостью»; «металл-полимер с жидкостью и с газом»; «металл-газ-полимер». Воздействием на разделяющие слои в парах трения тормозных устройств являются: объемная и граничная вязкость; теплоемкость; химическая активность и при этом содержащие слои являются предметом особых исследований, так как благодаря им происходит процессы сорбции, десорбции и адсорбции.

Методология оценки энергонагруженности тормозных барабанов. Предотвращение возникновения и существования в течении длительного времени термостабилизационного состояния металлических фрикционных элементов трения, за который теряется эффективность торможения барабанно-колодочным тормозом объясняется неудачным выбором еще на стадии проектирования конструктивных параметров тормозных барабанов, а также эксплуатационных параметров, которые реализуются данными типами фрикционных узлов.

Условиями термостабилизации металлических элементов трения тормозных устройств являются: несоответствие толщины и ширины обода барабана толщине крепежного элемента, а также нерациональному их расположению по отношению к ободу барабана, что приведет к тепловому равновесию указанного металлического фрикционного элемента в зоне и выше допустимой температуры для материалов накладки; в основу конструирования тормозных барабанов должен быть заложен принцип согласно которого их массивный обод не препятствует свободному расширению нагретого участка менее массивного фланца, который стыкуется перпендикулярно к ободу барабана; почти полное отсутствие теплопередающих процессов через толщину обода металлического фрикционного элемента при минимальном градиенте температур из-за несоблюдения между отношением коэффициентов излучения матовой и полированных поверхностей и отношением матовых и полированных площадей поверхностей; достижение одинакового теплового состояния рабочими поверхностями всех фрикционных накладок узла трения; наличие ионизированной среды в межконтактном объеме пар трения; одновременное начало термохимической реакции связующих компонентов в приповерхностных слоях преимущественного большинства фрикционных накладок.

Часто в зону термостабилизационного состояния нападают ободы тормозных барабанов задних тормозных механизмов автотранспортных средств в связи с тем, что они спроектированы и рассчитаны с большим коэффициентом запаса прочности и имеют значительную энергоемкость через завышенный их вес.

По результатам выполненных исследований предложен следующий метод оценки тепловой нагруженности тормозных барабанов автотранспортных средств.

Сначала определяют зону возможной термостабилизации металлического элемента трения по величине допустимой температуры, значение которой приведено в технической характеристике материала накладок.

© А. И. Вольченко, В. Я. Малык, И. О. Бекиш

Далее расчет проводят в последовательности, представленной ниже.

1. Определяют площади полированной и матовых поверхностей тормозного барабана. Площади рассчитывают, используя следующее соотношения:

$$\frac{\varepsilon_M}{\varepsilon_П} = \frac{A_O}{A_H}, \quad (1)$$

где ε_M, $\varepsilon_П$ – коэффициенты излучения матовой (охлаждаемой) и полированной (рабочей) поверхностей металлического элемента трения; A_O, A_H – площади поверхностей охлаждения (преимущественно матовой) и нагревания (рабочей), м^2.

Анализ величин соотношений указанных площадей показал, что равенство (1) соблюдается не всегда, особенно в интервалах температур поверхности трения 100-150°С и 300-450°С. Именно в этих зонах наблюдается установившееся и стабилизационное тепловое состояние металлических элементов трения. Это объясняется различной интенсивностью радиационного теплообмена в зоне низких температур он незначителен, в зоне высоких – сильный.

2. Определяют температуры рабочих (полированных) поверхностей металлических элементов трения барабанно-колодочных тормозов. Расчет температур поверхностей трения производится по методике, приведенной в работе [3].

Далее по величине поверхностной температуры оценивают толщину приповерхностного слоя фрикционной накладки, в котором происходят адсорбционно-десорбционные процессы с активностью, влияющей на физико-химическое состояние межконтактной среды. В расчетах интенсивности теплопередающих процессов через многослойную конструкцию фрикционного узла при определении температур матовых поверхностей его металлических элементов трения поверхность межконтактной среды принимается за точку отсчета.

3. Определяют коэффициенты теплопередачи через элементы пар трения фрикционных узлов барабанно-колодочного тормоза. Расчет выполняют по методике, приведенной в работе [3], с учетом значений коэффициента теплоотдачи, толщины и физико-химического состояния приповерхностного слоя фрикционной накладки применительно к рассматриваемым тепловым режимам тормоза.

Анализ закономерности изменения во времени коэффициентов теплопередачи через элементы пары трения фрикционного узла в интервалах поверхностных температур до, выше и в зоне термостабилизации металлического элемента трения позволяет прогнозировать тепловое состояние всех элементов, принимающих участие в процессах трения, и определять коэффициенты распределения тепловых потоков между ними.

4. Определяют коэффициенты распределения тепловых потоков между поверхностями трения фрикционных узлов барабанно-колодочных тормозов. Значения коэффициентов рассчитывают по методике [3]. Эти зависимости справедливы для мощных барабанно-колодочных тормозов, металлические фрикционные элементы которых имеют большие площади поверхности теплообмена.

Результаты аналитико-экспериментальных исследований показали, что с целью обеспечения гарантированного уровня эксплуатационных параметров барабанно-колодочных тормозом выбор материалов его фрикционных пар необходимо производить с учетом коэффициентов распределения тепловых потоков между элементами трения.

Выводы. Таким образом, установлено термостабилизационное состояние ободов тормозных барабанов автотранспортных средств и предложен метод оценки их энергонагруженности.

Литература

1. Барабанно-колодочные тормозные устройства / [А. А. Петрик, А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, Д. А. Вольченко]. Монография (научное издание) В 2-х томах. Том 1. Кубанск. государств. технологич. ун-т (Россия). – Краснодар, 2006. – 264с.

2. Барабанно-колодочные тормозные устройства / [А. А. Петрик, А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, Д. А. Вольченко]. Монография (научное издание) В 2-х томах. Том 2. Кубанск. государств. технологич. ун-т (Россия). – Краснодар, 2007. – 173с.

3. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов барабанно- и дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств / А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, А. В. Возный [и др.]. – Баку: Апостроф, 2016. – 253с.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2016

© А. И. Вольченко, В. Я. Малык, И. О. Бекиш

УДК 621.891

Д.А. Вольченко, В.С. Скрыпнык, В.С. Витвицкий
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

НАНОТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПАРАХ ТРЕНИЯ ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ

В материалах статьи проиллюстрированы нанотрибологические процессы в парах трения ленточно-колодочных тормозов. Уделено внимание состоянию поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения тормоза и представлены результаты исследований усовершенствованных пар трения. Показана природа водородного износа металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки и предложен путь его подавления.

Ключевые слова: ленточно-колодочный тормоз, пары трения, обод шкива, нанотрибологические процессы, поверхностные и приповерхностные слои, энергонагруженность.

Д.А. Вольченко, В.С. Скрипник, В.С. Витвицкий
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

НАНОТРИБОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПАРАХ ТЕРТЯ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ

У матеріалах статті проілюстровані нанотрибологічні процеси в парах тертя стрічково-колодкових гальм. Приділено увагу стану поверхневих і приповерхневих шарів металополімерних пар тертя гальма і наведені результати досліджень удосконалених пар тертя. Показана природа водневого зношування металополімерних пар тертя стрічково-колодкового гальма бурової лебідки і запропонований шлях його придушення.

***Ключові слова**: стрічково-колодкове гальмо, пари тертя, обід шківа, нанотрибологічні процеси, поверхневі і приповерхневі шари, енергонавантаженість.*

D. Volchenko, V. Skrypnyk, V. Vitvitskiy
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

NANOTRIBOLOGICAL PROCESSES IN THE FRICTION PAIRS OF THE BAND-BLOCK BRAKES

In frictional interaction of microprotrusions of the friction pairs of band-block brakes in the modes of high sliding speeds and unit loads are generating electrical currents and accumulating thermal currents, and are increasing surface temperatures and its gradients.At temperatures above 400 °C from the surface layers of the friction pad occurs burning of the binder, i.e. the formaldehyde resin, contributing the emergence of a corrosion water-containing environment, which creates conditions for the emergence of the tribocracking, accompanied by the release of free hydrogen. Free hydrogen, entering into engagement with the surface and subsurface layers of materials (silicon, sulfur, white phosphorus, titanium, iron, etc.) of the friction pairs forms hydrides.

In addition, the surface layers of the microprotrusions of the friction pairs are exposed to the mechanism of electron-ion thermal polarization in which there is a sharp jump of the temperature gradient across the thickness of the surface layer. All this contributes to a considerable enhancement of the effect of hydrogen wear, leading to increased wear of the surface layer of the friction material of the friction pairs of the band-block brake of the drawworks.

We've illustrated nanotribological processes in the friction pairs of band-block brakes. We' ve considered the following questions in relation to this issue: the status of surface and subsurface layers of the metal-polymer friction pairs of the brake and presented the research results. We've shown the nature of hydrogen wear of metal-polymer friction pairs of the band-block brakes of the drawworks and proposed the way of its suppression.

***Keywords:** band-block brakes, friction pairs, pulley rim, nanotribological processes, the surface and subsurface layers, energy loading.*

Состояние проблемы. При фрикционном взаимодействии микровыступов пар трения ленточно-колодочного тормоза в режиме высоких скоростей скольжения и удельных нагрузок происходит генерирование электрических токов и аккумулирование тепловых токов, и как следствие, увеличение поверхностных температур и их градиентов. При температуре выше 400°С из поверхностных слоев фрикционной накладки происходит выгорание связующего компонента, т.е. формальдегидной смолы, способствующее возникновению коррозионной водосодержащей среды, которая создает условия для возникновения трибокрекина, сопровождающегося выделением свободного водорода. Последний, вступая во взаимодействие с поверхностными и подповерхностными слоями материалов (кремнием, серой, белым фосфором, титаном, железом и др.) пар трения образуют гидриды. Кроме того, поверхностные слои микровыступов пар трения подвержены механизму электронно-ионной тепловой поляризации при которой наблюдается резкий скачек температурного градиента по толщине поверхностного слоя. Все это способствует значительному усилению действия водородного эффекта, что ведет к повышенному износу

© Д.А. Вольченко, В.С. Скрыпнык, В.С. Витвицкий

поверхностных слоев фрикционных материалов пар трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки [1].

Кроме того, в зону термокрекинга поверхности полимерных материалов не попадают одновременно, что способствует их переполяризации за счет различной диэлектрической проницаемости поверхностный слоев; эти воздействия блокируют или ослабляют одсорбцию ионов водорода на рабочие поверхности и в приповерхностные слои пар трения тормоза [2].

Интенсивность водородного изнашивания обусловлена следующими процессами, эффектами и явлениями, происходящими в зоне трения: интенсивным выделением водорода из полимерной накладки в результате возникновения трибокрекинга, обеспечивающего непрерывное поступление водорода в поверхностный слой стального обода шкива; адсорбцией водорода на поверхностях металлополимерных пар трения; диффузией водорода в деформированный поверхностный слой обода шкива, темп которой определяется градиентами напряжений; деформированием и эффектом накопления водорода; особым видом разрушения поверхности, обусловленным одновременным развитием большого количества зародышей микротрещин по всей зоне контакта [3].

Состояние поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения тормоза. Состояние поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения тормоза зависит от материалов и структуры компонентов, входящих в их состав. В табл. 1 приведены характеристики сталей тормозных шкивов с указанием их компонентов, которые со свободным водородом образуют гидриды (последний вертикальный столбик).

Таблица 1

Характеристики сталей тормозных шкивов

Химические элементы содержащиеся в сталях		Валентность		Преобладающий тип собственной проводимости		Формула гидрида
35ХНЛ (I)	35 ХМЛ (II)	I	II	I	II	
Si (2,20-0,42)	Si (0,2-0,4)	4		полупроводник		SiH_4
Cu (до 0,3)	–	1, 2	–	n	–	–
Mn (0,4-0,9)	Mn (0,4-0,9)	2, 3, 4, 5, 6, 7		n		–
Ni (0,7-0,9)	–	2	–	n	–	–
P (до 0,04)	P (до 0,04)	3		n		PH_3
Cr (0,5-0,8)	Cr (0,8-1,1)	3, 6		p		–
S (до 0,04)	S (до 0,04)	2, 4, 6		диэлектрик		H_2S
–	C (0,3-0,4)	–	2, 4	–	диэлектрик	–
–	Mo (0,2-0,3)	–	6	–	p	–
Fe (36,62-97,82)	Fe (97,82-98,02)	1, 3		n		FeH, FeH_3

Химический состав стали 35ХНЛ следующий: кремний (Si) - (0,20 - 0,42)%; медь (Cu) не более 0,30%; марганец (Mn) - (0,40 - 0,90)%; никель (Ni) - (0,70 - 0,90)%; фосфор (P) не более - 0,04%; хром (Cr) - (0,50 - 0,80)%; сера (S) не более - 0,040%. Приведем краткую характеристику подчеркнутых элементов, которым свойственно образовывать гидриды с водородом (H).

Кремний (Si) - твердое вещество, в котором каждый атом кремния связан с четырьмя соседними атомами кремния, расположенными на одинаковом расстоянии друг от друга (в вершинах правильного тетраэдра). Такое расположение атомов приводит к образованию трехмерной структуры и поэтому эти твердые соединения называется сетчатыми. Твердое вещество с такой структурой характеризуется как высокой температурой плавления, так и кипения.

Остальные два элемента образуют молекулярные твердые вещества. Атомы белого фосфора и серы прочно связаны в небольшие молекулы (они имеют формулы P_4 и S_8), но притяжение между молекулами незначительно. Изменение свойств в указанных элементах не носит простого характера, так как их молекулы построены весьма различно.

Перечисленные выше химические элементы образуют гидриды, которые представляют собой молекулярные газообразные соединения. Они имеют формулы SiH_4, PH_3 и H_2S, соответственно, которые указывают на число атомов водорода на атом элемента в молекуле гидрида. Начиная с кремния, образование молекулярных соединений указывает на то, что элементы принимают электронную конфигурацию последующего инертного газа (аргона, являющеюся последним элементом третьего периода периодической таблицы) путем образования обобщенных электронных пар с атомами водорода.

© Д.А. Вольченко, В.С. Скрыпнык, В.С. Витвицкий

В табл. 2 представлен химический состав материалов фрикционных накладок из ретинакса ФК-24А.

Таблица 2

Химический состав материалов фрикционных накладок из ретинакса ФК-24А

Полимерный материал	Содержание элементов, %				
Ретинакс ФК-24А	Фенолформальдегидная смола	Асбест	Сульфат бария	Латунь	Пластификаторы модификаторы
	15	40	35	6	2/2

В результате процессов термо- и механодеструкции, каталитических и электрохимических реакций разложения, а также активации физико-химических поверхностных слоев полимерного материала в процессе трения выделяется молекулярный водород H_2, атомарный водород H и ионный водород H^+. Молекулярный водород (H_2) в сложных физико-химических процессах, стимулируемых генерируемой теплотой трения, также распадается на атомы и ионы, адсорбируясь на активируемых трением поверхностях. Механизм воздействия накопленного водорода основан на диффузии атомного водорода в дефектах структуры и его накопления в них. При температуре трения 400...600°С водород вступает в реакцию с цементитом железа

$$Fe_3C + 4H \rightarrow 3Fe + CH_4$$

Образующийся метан и молекулярный водород (H_2) постепенно, в очередных потоках диффузии, вызываемых циклами трения, сжимаются под значительным удельным давлением. Накапливающийся газ под влиянием упругих и пластических деформации поверхностных слоев пар трения дополнительно сжимается и находится под очень большим давлением, стимулируя образованием и распространение трещин [4].

Результаты исследований. Испытания серийных и новых пар трения ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок У2-5-5 при естественном и вынужденном их охлаждении при спуске в скважину на глубину 4108,0м колонны бурильных труб. Последняя набиралась из 102 свечей, из которых 6 свечей УБТ (утяжеленные бурильные трубы), а остальные свечи ЛБТ (легкие) с общим весом 962,23 кН. При этом температура окружающей среды была 20,2°С, а давление – 0,0942 МПа.

Результаты испытаний серийных пар трения ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок У2-5-5 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Трибоэлектрические и эксплуатационные параметры усовершенствованного ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки У2-5-5

Фрикционная пара	Знак заряда		Эксплуатационные параметры:					
	+	–	сила трения, $F_T^*=(S_н-S_c)$, кН	динамический коэффициент трения, f	температурные градиенты		тормозной момент, M_T, кНм	Энергетическая интенсивность изнашивания накладок, I, мкг/Дж
Два химически одинаковые элементы	плотность элемента				поверхностные, t_n, °С/мм	объемные, t_v, °С/мм		
	большая	маленькая						
ФК-24А – сталь 35ХНЛ	полимер	металл	259,6	0,38	40,0-60,0	6,0-15,0	188,2	2,5
ФК-24А – ФК-24А	полимер с одинаковой диэлектрической проницаемостью		200,98	0,3	4,5-8,5	2,0-3,0	159,44	1,35
Сталь 35ХНЛ – сталь 35ХНЛ	металл с одинаковой твердостью		102,5	0,15	80,0-100,0	15,0-20,0	74,3	0,3
Результаты экспериментальных исследований усовершенствованных пар трения			265,0	0,4	30,0-50,0	4,5-13,0	195,0	1,95

*Примечание: $S_н$, S_c – натяжение набегающей и сбегающей ветви тормозной ленты.

© Д.А. Вольченко, В.С. Скрыпник, В.С. Витвицкий

Результаты промышленных испытаний показывают (см. табл. 3), что при сохранении ряда основных технических характеристик аналога, предлагаемые пары трения позволяют снизить величину энергетической интенсивности износа накладок в 2,5/1,35=1,85 и 2,5/0,3=8,33 раза при заданных режимах нагружения пар трения тормоза. Последние оказывают влияние на разность потенциалов, развивающуюся между микровыступами приведенных пар трения тормоза (см. табл. 4).

Наибольшая разность потенциалов наблюдалась в паре трения «ФК-24А – ФК-24А» (0,74 мВ), а наименьшая в паре трения «сталь 35ХНЛ – сталь 35ХНЛ» (0,27 мВ). Исходя и этого, предлагаем для подавления водородного износа металлополимерных пар трения тормоза в зоне их фрикционного

Таблица 4

Разность потенциалов между микровыступами пар трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки У2-5-5

Пары трения	ФК-24А – сталь 35ХНЛ	ФК-24А – ФК-24А + фторопласт-4	Сталь 35ХНЛ – сталь 35ХНЛ
Разность потенциалов, ΔV, мВ	0,47	0,74	0,27

взаимодействия «полимер – металл» и «полимер – полимер» (введением в тормозной шкив полимерных накладок) создают положительно заряженное электрическое поле с разностью потенциалов от 0,27 о 0,74 мВ, и кроме того, в зону термокрекинга поверхности полимерных накладок не попадают одновременно, что способствует их переполяризации за счет разной диэлектрической проницаемости поверхностных слоев. Эти воздействия блокируют или ослабляют адсорбцию ионов водорода на рабочие поверхности и в приповерхностные слои пар трения тормоза.

Выводы. Таким образом, показана природа водородного износа металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки и предложен путь его подавления.

Литература

1. Ленточно-колодочные тормозные устройства. Монография (научное издание) в 2 т. Т.2 / Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, Д.Ю. Журавлев и др. - Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, Ивано-Франковск, 2013. - 441с.

2. Трибология / А. И. Вольченко, М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко [и др.]. – Киев – Краснодар: Изд-во «Плай», 2015. – 371с.

3. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / Под. общ. редакцией А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 575с.

4. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок / А. Х. Джанахмедов, Д. А. Вольченко, Д. Ю. Журавлев [и др.]. – Баку: Апостроф, 2016. – 312с.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2016

© Д.А. Вольченко, В.С. Скрыпник, В.С. Витвицкий

УДК 629.113

М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк
Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА ПЛОСКОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ МОДУЛЬНОГО ТРИЛАНКОВОГО ПРИЧІПНОГО АВТОПОЇЗДА У СКЛАДІ «АВТОМОБІЛЬ-ТЯГАЧ - ДВОВІСНИЙ ПІДКАТНИЙ ВІЗОК З НЕПОВОРОТНИМИ ОСЯМИ (DOLLY) - ТРИВІСНИЙ НАПІВПРИЧІП»

У роботі розроблено плоску математичну модель руху модульного триланкового причіпного автопоїзда, що складається з тривісного автомобіля-тягача, двовісного підкатного візка з неповоротними осями (dolly) і тривісного напівпричепа. Вона дозволить у теоретичних дослідженнях визначати вплив компонувальної схеми та режимів руху вказаного автопоїзда на його експлуатаційні властивості.

Ключові слова: *автопоїзд, модульний триланковий причіпний автопоїзд, компонувальна схема, причіпна ланка, причіп, напівпричіп, підкатний візок, математична модель, експлуатаційні властивості, маневреність.*

Н.А Гандзюк., Э.Л. Селезнев, Д.Н. Гандзюк
Луцкий национальный технический университет

РАЗРАБОТКА ПЛОСКОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ТРЕХЗВЕННОГО ПРИЦЕПНОГО АВТОПОЕЗДА В СОСТАВЕ «АВТОМОБИЛЬ-ТЯГАЧ - ДВУХОСНАЯ ПОДКАТНАЯ ТЕЛЕЖКА С НЕПОВОРОТНЫМИ ОСЯМИ (DOLLY) - ТРЕХОСНЫЙ ПОЛУПРИЦЕП».

В работе разработана плоская математическая модель движения модульного трехзвенного прицепного автопоезда, состоящего из трехосного автомобиля-тягача двухосной подкатной тележки с неповоротными осями (dolly) и трехосного полуприцепа. Она позволит в теоретических исследованиях определять влияние компоновочной схемы и режимов движения указанного автопоезда на его эксплуатационные свойства.

Ключевые слова: *автопоезд, модульный трехзвенный прицепной автопоезд, компоновочная схема, прицепное звено, прицеп, полуприцеп, подкатная тележка, математическая модель, эксплуатационные свойства, маневренность.*

N. Handziuk, E. Seleznev, D. Handziuk
Lutsk National Technical University

THE DEVELOPMENT OF A FLAT MATHEMATICAL MODEL OF MOTION OF MODULAR THREE-UNIT TRAILER ROAD TRAIN IN THE "CAR-TOWING - DOLLY-AXLE TRUCK WITH FIXED AXLES (DOLLY) - THREE-AXLE SEMI-TRAILER".

In this paper, a flat mathematical model of motion of three-unit modular trailer road train consisting of a three-axle car-truck two-axle tow it is developed truck with fixed axles (dolly) and three-axle semi-trailer. It will allow in theoretical studies to determine the influence of layout scheme and modes of motion of specified train on its performance properties.

Keywords: *trailer, modular tree unit, trailer unit, trailer road train, semi-trailer, wheeled carriage, mathematical model, performance properties, maneuverability.*

Постановка проблеми. Вирішення проблем, пов'язаних з безпекою руху триланкових автопоїздів не розв’язується тільки застосуванням електронних систем: автоматичного усунення блокування колеса (АБС), системи розподілу гальмівних зусиль (EBD), системи стабілізації руху (ESP), та інших. Такі системи дозволяють значно покращити гальмівні властивості автотранспортних засобів, підвищити стійкість та забезпечити збереження всіх параметрів маневреності триланкового автопоїзда у граничних режимах руху.

Погіршення маневреності автопоїзда може призвести до фатальних наслідків. Тому є необхідність дослідження впливу компонувальних та експлуатаційних факторів на маневреність триланкового автопоїзда.

Вирішення цих проблем неможливе без розробки математичної моделі руху модульного триланкового причіпного автопоїзда.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз публікацій показує, що робіт, присвячених дослідженню експлуатаційних властивостей багатоланкових автопоїздів (насамперед, триланкових) порівняно не багато. Так, у роботах [1], [2] розглянуто рух триланкових автопоїздів різних компонувальних схем у різних режимах руху. Дослідженню маневреності та стійкості руху автопоїздів компонувальної схеми «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок - тривісний напівпричіп» присвячені роботи [7], [8].

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

На сьогодні існує багато конструкцій багатоланкових автопоїздів. На наш погляд компонувальна схема з тривісним напівпричепом, двовісним підкатним візком і тривісним напівпричепом є найбільш універсальною.

Крім того, завдяки введенню у математичну модель сил взаємодії кожного колеса з дорогою, можливо моделювання різних режимів руху автопоїзда (тягового, вільного та гальмівного), а також можливо враховувати вплив перерозподілу мас по осях та між бортами ланок автопоїзда.

Дослідженню експлуатаційних властивостей автопоїздів присвячені роботи Д.О. Антовнова, С.С. Атаєва, В.Г. Вербицького, Я.Х. Закіна, Е.М. Ібрагімова, А.П. Колпакова, М.І. Кришеня, Л.Г. Лобаса, М. Мічке, С.Я. Марголіса, В.П. Сахно, Я.Є. Фаробіна, Д.Р. Елліса, а також інших вітчизняних та закордонних вчених. Аналіз публікацій показує, що достатньо добре вивчені закономірності руху дволанкових автопоїздів. Робіт, присвячених дослідженню багатоланкових автопоїздів (насамперед, триланкових) порівняно не багато. Ця тематика почала досліджуватися в останні роки.

При наявності у автопоїзда більше трьох ланок суттєво ускладнюється дослідження руху такого багатоланкового АТЗ з причини необхідності врахування впливу значної кількості факторів на характер руху усіх ланок. Взаємодія сусідніх ланок при русі автопоїзда розповсюджується на весь транспортний засіб і призводить до певних відхилень складових автопоїзда від заданого ведучою ланкою (тягачем) напрямку руху. Враховуючи те, що автопоїзд як АТЗ є засобом підвищеної небезпеки, при вирішенні проблем щодо можливості експлуатації багатоланкових автопоїздів у числі перших слід робити кроки у напрямку теоретичних досліджень їх руху, результати яких будуть підґрунтям для відповіді на багато питань технічного, організаційного, юридичного характеру.

На підставі наведеного компонувальну схему автопоїзда з тривісним автомобілем-тягачем, двовісним підкатним візком і тривісним напівпричепом як універсальну та перспективну (розроблено фірмами «Scania» та «Krone») обрано для дослідження його маневреності, що, насамперед, впливає на безпеку руху.

Мета роботи. Метою дослідження є розробка плоскої математичної моделі руху модульного триланкового причіпного автопоїзда у складі «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок з неповоротними осями (dolly) - тривісний напівпричіп», без якої неможливе подальше дослідження впливу компонувальних та експлуатаційних факторів на маневреність вказаного автопоїзда.

Основна частина. В роботі будемо розробляти плоску математичну модель руху модульного триланкового причіпного автопоїзда у складі «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок з неповоротними осями (dolly) - тривісний напівпричіп», яка б дозволяла у теоретичних дослідженнях визначати вплив компонувальної схеми та режимів руху на його експлуатаційні властивості.

При розробці плоскої математичної моделі руху автопоїзда зазначеної компонувальної схеми прийняті до уваги результати робіт Лобаса Л.Г. [3], [4].

На рисунку 1 наведена розрахункова схема триланкового автопоїзда у складі тривісного автомобіля-тягача, двовісного підкатного візка з неповоротними осями (dolly) і тривісного напівпричепа з усіма неповоротними осями у разі руху на неусталеному повороті.

На схемі та далі у тексті прийняті такі позначення:

Θ_0, Θ_2 – кути повороту відповідно керованих коліс тягача та поворотної вісі напівпричепа;

υ – курсовий кут ланки;

ω – кутова швидкість ланки;

φ_1, φ_2 – кути складання відповідно підкатного візка та напівпричепа;

C, m, I – центр мас, маса та центральний момент інерції ланки автопоїзда відносно вертикальної осі;

x, y – абсциса та ордината точки C в системі координат $Oxyz$;

v, u - повздовжня та бічна швидкість центра мас ланки;

X_i, Y_i - повздовжня та бічна сила на колесах відповідної ланки автопоїзда.

Геометричні параметри зрозумілі з рисунку.

Індекси: 0, 1, 2 – стосуються відповідно тягача, підкатного візка та напівпричепа.

Параметри з позначкою «штрих» відносяться до коліс правого борту автопоїзда, без такої - до коліс лівого борту.

У наведеній схемі автопоїзд здійснює плоскопаралельний рух. Відомо, що такий рух твердого тіла складається з поступального руху, при якому всі точки тіла рухається зі швидкістю

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

полюса, і обертального руху навколо цього полюса. При цьому кутова швидкість не залежить від вибору полюсу [5].

Швидкість точки C_0 при плоскопаралельному русі тягача по рухомому базису i_0, j_0 (орти осей x_0, y_0) визначається за формулою

$$v_{C_0} = i_0 v + j_0 u .$$

Складові швидкості центра мас підкатного візка

$$v_1 = v_0 \cos\varphi_1 - \left(u_0 - \omega_0 (b + c + d)\right)\sin\varphi_1 ,$$

$$u_1 = v_0 \sin\varphi_1 + \left(u_0 - \omega_0 (b + c + d)\right)\cos\varphi_1 - \omega_1 (k + f + e), \qquad (1)$$

де $\omega_0 = \dot{\vartheta}_0$,

$\omega_1 = \dot{\vartheta}_1 = \omega_0 - \dot{\varphi}_1$.

Складові швидкості центра мас напівпричепа записані у вигляді

$$v_2 = v_0 \cos(\varphi_2 + \varphi_1) - \left(u_0 - \omega_0 (b + c + d)\right)\sin(\varphi_2 + \varphi_1) + \omega_1 (k + f + e - g)\sin\varphi_2 ,$$

$$u_2 = v_0 \sin(\varphi_2 + \varphi_1) + \left(u_0 - \omega_0 (b + c + d)\right)\cos(\varphi_2 + \varphi_1) - \omega_1 (k + f + e - g)\cos\varphi_2 - \omega_2 h , \qquad (2)$$

де $\omega_2 = \dot{\vartheta}_2 = \omega_1 - \dot{\varphi}_2$.

Величини v, u, ω, φ_1, φ_2 можна визначити з динамічних рівнянь руху автопоїзда, координати центра мас і курсовий кут тягача – за допомогою кінематичних рівнянь

$$\begin{cases} \dot{x} = v_0 \cos\vartheta_0 - u_0 \sin\vartheta_0 \\ \dot{y} = v_0 \sin\vartheta_0 + u_0 \cos\vartheta_0 \\ \dot{\vartheta}_0 = \omega_0 \end{cases} . \qquad (3)$$

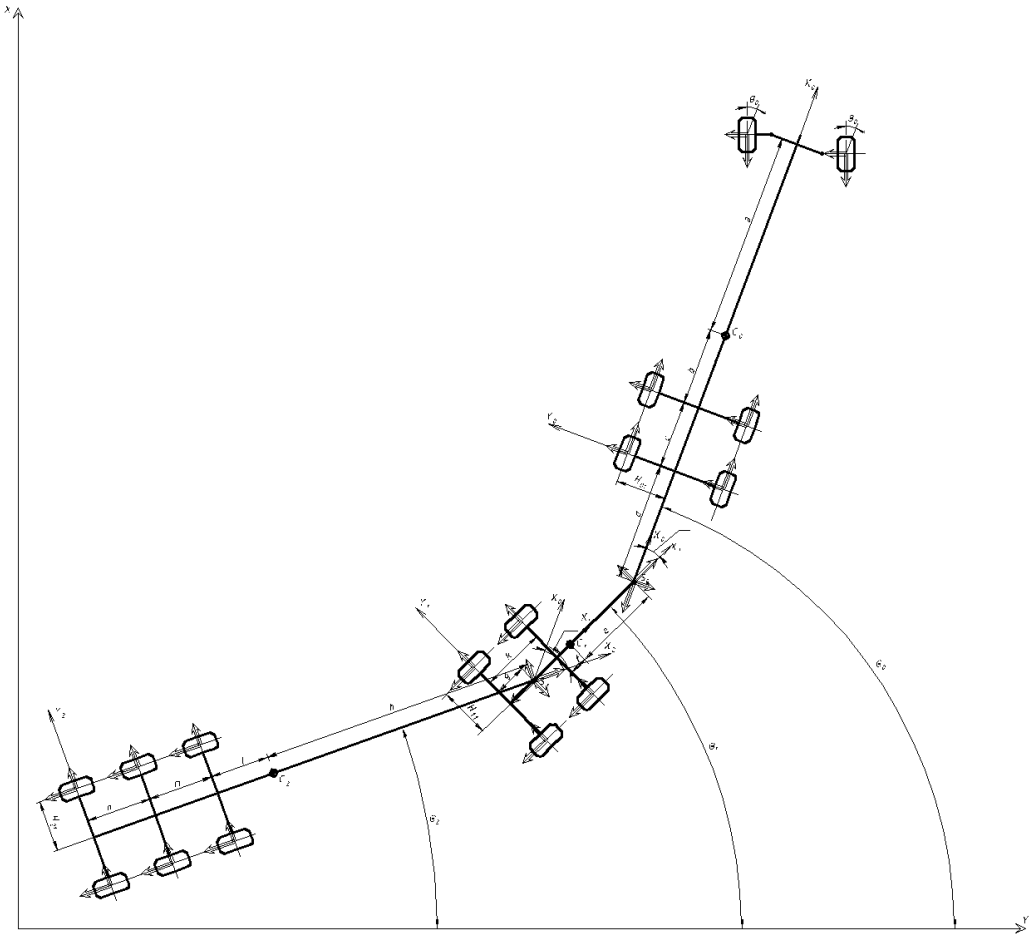


Рис. 1. **Розрахункова схема триланкового автопоїзда при русі на неусталеному повороті**

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

Для складання диференційних рівнянь руху автопоїзда використано метод квазікоординат. Рівняння руху складено відносно величин *v*, *u*, ω – параметрів руху тягача на основі теореми про зміну головного вектора сил $\vec{K}$ і головного моменту $\vec{G}$ кількості руху, що виражені через кінетичну енергію T [6]. Перехід до квазішвидкостей дозволяє розділити змінні в даній динамічній системі на дві підсистеми меншої розмірності, які інтегруються послідовно.

$$\begin{cases} K = grad_{\vec{v}} T \\ G = grad_{\vec{\omega}} T \end{cases}; \qquad \begin{cases} K_i = \dfrac{\delta T}{\delta v_i} \\ G_i = \dfrac{\delta T}{\delta \omega_i} \end{cases}, \qquad (i = 1,2,3),$$

де $\vec{v}$ - абсолютна швидкість,

$\vec{\omega}$ - абсолютна кутова швидкість.

Закон зміни кількості руху та кінетичного моменту в рухомій системі координат записано у вигляді

$$\begin{cases} \dfrac{d\vec{K}}{dt} + \vec{\omega} \cdot K = F; \\ \dfrac{d\vec{G}}{dt} + \vec{\omega} \cdot G + \vec{v} \cdot K = M. \end{cases}.$$

Після проектування цих рівнянь на рухомі осі координат з урахуванням плоскопаралельного руху автопоїзда отримано

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta v_0} - \omega_0 \dfrac{\delta T}{\delta u_0} = F_{x_0} \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta u_0} + \omega_0 \dfrac{\delta T}{\delta v_0} = F_{y_0} \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta \omega_0} + v_0 \dfrac{\delta T}{\delta u_0} - u_0 \dfrac{\delta T}{\delta v_0} = M_{\vartheta_0} \end{cases}. \qquad (4)$$

Для визначення кутів складання причіпних ланок автопоїзда φ_1, φ_2, які є голономними координатами, достатньо записати рівняння Лагранжа другого роду

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}_1} - \dfrac{\delta T}{\delta \varphi_1} = M_{\varphi_1} \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}_2} - \dfrac{\delta T}{\delta \varphi_2} = M_{\varphi_2} \end{cases}. \qquad (5)$$

Згідно з відомими рекомендаціями [3], [4] після заміни третього рівняння в системі (4) та першого в системі (5) лінійними комбінаціями рівнянь для ω, φ_1, φ_2, отримано систему рівнянь, що описує рух автопоїзда у загальному вигляді

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta v_0} - \omega_0 \dfrac{\delta T}{\delta u_0} = F_{x_0} \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta u_0} + \omega_0 \dfrac{\delta T}{\delta v_0} = F_{y_0} \\ \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\delta T}{\delta \omega_0} + \dfrac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}_1}\right) + v_0 \dfrac{\delta T}{\delta u_0} - u_0 \dfrac{\delta T}{\delta v_0} - \dfrac{\delta T}{\delta \varphi_1} = M_{\vartheta_0} + M_{\varphi_1}, \\ \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}_1} - \dfrac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}_2}\right) - \dfrac{\delta T}{\delta \varphi_1} - \dfrac{\delta T}{\delta \varphi_2} = M_{\varphi_1} - M_{\varphi_2} \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}_2} - \dfrac{\delta T}{\delta \varphi_2} = M_{\varphi_2} \end{cases} \qquad (6)$$

де F_{x_0}, F_{y_0} - проекції головного вектора $\vec{F}$ на рухомі осі x_0 та y_0 відповідно,

M_{ϑ_0}, M_{φ_1}, M_{φ_2} - узагальнені моменти по відповідних координатах:

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

$M_{\vartheta_0} = mom_{C_0 z_0} F$, $M_{\varphi_1} = -mom_{S_0 z_1}(F_1 + F_2)$, $M_{\varphi_2} = -mom_{S_1 z_2} F_2$.

Отримати вирази для сил і моментів, що діють на ланки автопоїзда, стає можливим, якщо розглянути їх відповідні схеми. На рисунку 2, як приклад, наведено схему сил, що діють на осі автомобіля-тягача та підкатного візка. Прийняті позначення подібні позначенням на рисунку 1, а геометричні параметри зрозумілі з рисунку. На рисунку 2 підкатний візок умовно роз'єднаний з тягачем, а їх силова взаємодія відображена реакціями в тягово-зчіпному пристрої.

Вирази для сил і моментів, що діють на ланки автопоїзда, записані у вигляді:

$$\begin{aligned} F_{x_0} = &-X_{01}\cos\theta_0 - Y_0\sin\theta_0 - X'_{01}\cos\theta'_0 - Y'_{01}\sin\theta'_0 - \\ &-(X_{02}+X'_{02})-(X_{03}+X'_{03})- \\ &-(X_{11}+X'_{11})\cos\varphi_1+(Y_{11}+Y'_{11})\sin\varphi_1- \\ &-(X_{12}+X'_{12})\cos\varphi_1+(Y_{12}+Y'_{12})\sin\varphi_1- \\ &-(X_{21}+X'_{21})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(Y_{21}+Y'_{21})\sin(\varphi_1+\varphi_2)- \\ &-(X_{22}+X'_{22})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(Y_{22}+Y'_{22})\sin(\varphi_1+\varphi_2)- \\ &-(X_{23}+X'_{23})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(Y_{23}+Y'_{23})\sin(\varphi_1+\varphi_2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{y_0} = &\,Y_{01}\cos\theta_0 - X_{01}\sin\theta_0 + Y'_{01}\cos\theta'_0 - X'_{01}\sin\theta'_0 + \\ &+(Y_{02}+Y'_{02})+(Y_{03}+Y'_{03})+ \\ &+(Y_{11}+Y'_{11})\cos\varphi_1+(X_{11}+X'_{11})\sin\varphi_1+ \\ &+(Y_{12}+Y'_{12})\cos\varphi_1+(X_{12}+X'_{12})\sin\varphi_1+ \\ &+(Y_{21}+Y'_{21})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(X_{21}+X'_{21})\sin(\varphi_1+\varphi_2)+ \\ &+(Y_{22}+Y'_{22})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(X_{22}+X'_{22})\sin(\varphi_1+\varphi_2)+ \\ &+(Y_{23}+Y'_{23})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(X_{23}+X'_{23})\sin(\varphi_1+\varphi_2); \end{aligned}$$

$$M_{\vartheta_0} + M_{\varphi_1} = \begin{pmatrix} (X_{01}-X'_{01})\varepsilon_0 + (X_{01}\cos\theta_0 - X'_{01}\cos\theta'_0 + Y_{01}\sin\theta_0 - Y'_0\sin\theta'_0)H_{01} + \\ +(Y_{01}\cos\theta_0 - X_{01}\sin\theta_0 + Y'_{01}\cos\theta'_0 - X'_{01}\sin\theta'_0)a + \\ +(X_{02}-X'_{02}+X_{03}-X'_{03})H_{02} - (Y_{02}+Y'_{02})b - (Y_{03}+Y'_{03})(b+c) + \\ +(b+c+d)\begin{pmatrix} (Y_{11}+Y'_{11})\cos\varphi_1+(X_{11}+X'_{11})\sin\varphi_1+ \\ (Y_{12}+Y'_{12})\cos\varphi_1+(X_{12}+X'_{12})\sin\varphi_1+ \\ +(Y_{21}+Y'_{21})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(X_{21}+X'_{21})\sin(\varphi_1+\varphi_2)+ \\ +(Y_{22}+Y'_{22})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(X_{22}+X'_{22})\sin(\varphi_1+\varphi_2)+ \\ +(Y_{23}+Y'_{23})\cos(\varphi_1+\varphi_2)+(X_{23}+X'_{23})\sin(\varphi_1+\varphi_2) \end{pmatrix} \end{pmatrix};$$

$$M_{\varphi_1} - M_{\varphi_2} = -\begin{pmatrix} (X_{11}-X'_{11})H_{11} - (Y_{11}+Y'_{11})(f+e)+ \\ (X_{12}-X'_{12})H_{11} - (Y_{12}+Y'_{12})(k+f+e)+ \\ \\ +e\begin{pmatrix} +(Y_{21}+Y'_{21})\cos\varphi_2+(X_{21}+X'_{21})\sin\varphi_2+ \\ +(Y_{22}+Y'_{22})\cos\varphi_2+(X_{22}+X'_{22})\sin\varphi_2+ \\ +(Y_{23}+Y'_{23})\cos\varphi_2+(X_{23}+X'_{23})\sin\varphi_2 \end{pmatrix} \end{pmatrix};$$

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

$$M_{\varphi_2} = -\begin{pmatrix} \left(X_{21} - X'_{21}\right)H_{21} - \left(Y_{21} + Y'_{21}\right)\left(h + l\right) + \left(X_{21} - X'_{21}\right)\varepsilon_{21} + \\ + \left(X_{22} - X'_{22}\right)H_{21} - \left(Y_{22} + Y'_{22}\right)\left(h + l + m\right) + \left(X_{22} - X'_{22}\right)\varepsilon_{22} + \\ + \left(X_{23} - X'_{23}\right)H_{21} - \left(Y_{23} + Y'_{23}\right)\left(h + l + m + n\right) + \left(X_{23} - X'_{23}\right)\varepsilon_{23} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Кінетичну енергію автопоїзда можна представити у вигляді суми кінетичних енергій його ланок

$$T = \sum T_i, \quad (8)$$

де T_i - кінетична енергія ланки автопоїзда, що визначається відомою залежністю

$$T_i = \frac{1}{2}\left(m_i V_{C_i}^2 + I_i \dot{\vartheta}_i^2\right). \quad (9)$$

Для триланкового автопоїзда рівняння (8) з урахуванням (9) записано

$$T = \frac{1}{2}\left(m_0 V_{C_0}^2 + I_0 \dot{\vartheta}_0^2 + m_1 V_{C_1}^2 + I_1 \dot{\vartheta}_1^2 + m_2 V_{C_2}^2 + I_2 \dot{\vartheta}_2^2\right). \quad (10)$$

З огляду на (1) та (2) рівняння (10) приведено до вигляду

$$T = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} m_0\left(v_0{}^2 + u_0{}^2\right) + I_0\dot{\vartheta}_0^2 + \\ + m_1\begin{pmatrix} \left(v_0\cos\varphi_1 - \left(u_0 - \omega_0\left(b + c + d\right)\right)\sin\varphi_1\right)^2 + \\ + \left(v_0\sin\varphi_1 + \left(u_0 - \omega_0\left(b + c + d\right)\right)\cos\varphi_1 - \omega_1\left(f + e\right)\right)^2 \end{pmatrix} + \\ + I_1\dot{\vartheta}_1^2 + \\ + m_2\begin{pmatrix} \begin{pmatrix} v_0\cos\left(\varphi_2 + \varphi_1\right) - \left(u_0 - \omega_0\left(b + c + d\right)\right)\sin\left(\varphi_2 + \varphi_1\right) + \\ + \omega_1\left(k + f + e - g\right)\sin\varphi_2 \end{pmatrix}^2 + \\ + \begin{pmatrix} v_0\sin\left(\varphi_2 + \varphi_1\right) + \left(u_0 - \omega_0\left(b + c + d\right)\right)\cos\left(\varphi_2 + \varphi_1\right) - \\ - \omega_1\left(k + f + e - g\right)\cos\varphi_2 - \omega_2 h \end{pmatrix}^2 \end{pmatrix} + I_2\dot{\vartheta}_2^2 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

З рівнянь (6), (7) та (11) отримують вирази для визначення змінних, що характеризують рух автомобіля-тягача (складових лінійної швидкості v та u, кутової швидкості ω) і причіпних ланок автопоїзда (кутів складання відповідно підкатного візка φ_1 та напівпричепа φ_2). Зазначені вирази разом з системою рівнянь (3) складають математичну модель руху триланкового автопоїзда обраної компонувальної схеми.

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

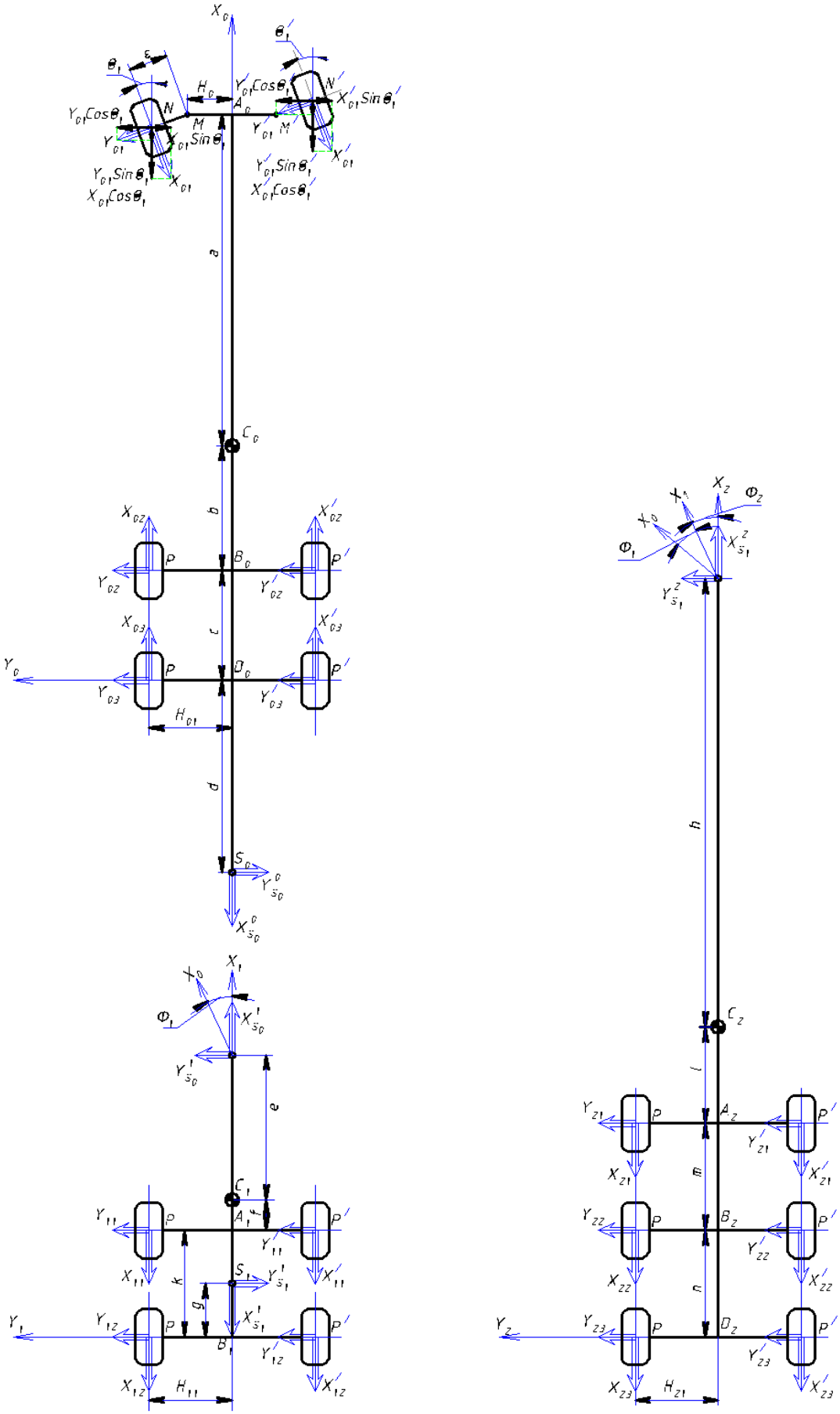


Рис. 2 **Схема сил, що діють на осі автомобіля-тягача, підкатного візка та напівпричепа**

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

Диференційні рівняння руху автопоїзда у загальному вигляді для триланкового автопоїзда записані системою диференційних рівнянь (12)

$$\begin{cases} m_0\left(\dot{v}_0 - \omega_0 u_0\right) = F_{x0} \\ m_0\left(\dot{u}_0 + \omega_0 v_0\right) = F_{y0} \\ I_0\dot{\omega}_0 = M_{c0} \\ \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\delta T}{\delta\dot{\varphi}_1} - \dfrac{\delta T}{\delta\dot{\varphi}_2}\right) - \dfrac{\delta T}{\delta\varphi_1} + \dfrac{\delta T}{\delta\varphi_2} = M_{\varphi_1} - M_{\varphi_2} \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\delta T}{\delta\dot{\varphi}_2} - \dfrac{\delta T}{\delta\varphi_2} = M_{\varphi_2} \end{cases}, \tag{12}$$

де F_{x0}, F_{y0} - проекція головного вектора зовнішніх сил, що діють на автомобіль-тягач, відповідно на його поздовжню та поперечну вісі,

M_{c0} - головний момент зовнішніх сил відносно центра мас автомобіля-тягача,

M_{φ_1}, M_{φ_2} - узагальнені моменти по відповідних координатах.

Висновок. У роботі розроблено плоску математичну модель руху модульного триланкового причіпного автопоїзда у складі «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок з неповоротними осями (dolly) - тривісний напівпричіп». Вона дозволить у теоретичних дослідженнях визначати вплив компонувальної схеми та режимів руху вказаного автопоїзда на його експлуатаційні властивості.

Література

1. Сахно В.П., Вороніна І.Ф., Стельмащук В.В. Поляков В.М. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на показники маневреності трьохланкових автопоїздів // Автошляховик України. Окремий випуск. – 2003. Жовтень. – С.98-101.

2. Сахно В.П., Вербицький В.Г., Вороніна І.Ф., Стельмащук В.В. До визначення показників маневреності і стійкості руху трьохланкових автопоїздів // Системні методи керування, технологія та організація виробництва. ремонту та експлуатації автомобілів. - К.:НТУ, 2003. - №17. - С.141-146.

3. Лобас Л.Г. Математическая модель связанных систем с качением // Прикл. механика. 1986, №6. –С80–87.

4. Лобас Л.Г. Неголономные модели колесных экипажей. – К.: Наук. думка, 1986. – 232 с.

5. Теоретическая механика и методы математики: Уч. пособие / А.А. Федута, А.В. Чигарев, Ю.В. Чигарев, - Мн.:УП "Технопринт", 2000. - 504 с.

6. Поляков В.М., Тімков О.М., Приходченко Д.Ю., Файчук М.І. Математичне моделювання руху багатоланкових автопоїздів // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. –№11 (141). – 2009. – С.145-151.

7. Сахно В. П. Математичне моделювання триланкових автопоїздів в поздовжній, вертикальній і поперечній площинах / В.П. Сахно, В.М. Поляков, В.М. Глінчук // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. Науковий журнал, 2013. - Вип. 3. - С.73-84.

8. Сахно В.П. Порівняльна оцінка маневреності триланкових автопоїздів рызних компонувальних схем / В.П. Сахно, В.М. Поляков, Р.М. Марчук, П.О. Гуменюк // Автомобыльний транспорт. Науково-виробничий журнал, 2013. - №1 (231). – С.2-6.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2016

© М.О. Гандзюк, Е.Л. Селезньов, Д.М. Гандзюк

УДК 629.341

А.В. Гнатов[1], Щ.В. Аргун[1], О.А.Ульянец[2]
[1] Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет,
[2] Program-Ace

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Проведен анализ основных тенденций применения и внедрения энергосберегающих технологий на транспорте. Предложено разделить энергосберегающие технологии на транспорте на два направления – транспорт и инфраструктура. Дана краткая характеристика каждого из направлений. Проведен расчет энергетических показателей гибридного автобуса при его движении в городских условиях эксплуатации. Произведен расчет эксплуатационных расходов для разных типов автобусов одного класса.
***Ключевые слова**: транспорт, электротранспорт, инфраструктура, гибридные автобусы, энергосберегающие технологии, электрическая энергия.*

А.В.Гнатов[1], Щ.В. Аргун[1], О.А. Ульянец[2]

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

[1] Харківський Національний автомобільно-дорожній університет,
[2] Program-Ace

Проведено аналіз основних тенденцій застосування і впровадження енергозберігаючих технологій на транспорті. Запропоновано розділити енергозберігаючі технології на транспорті на два напрямки - транспорт і інфраструктура. Дана коротка характеристика кожного з напрямків. Проведено розрахунок енергетичних показників гібридного автобуса при його русі в міських умовах експлуатації. Зроблено розрахунок експлуатаційних витрат для різних типів автобусів одного класу.
***Ключові слова:** транспорт, електротранспорт, інфраструктура, гібридні автобуси, енергозберігаючі технології, електрична енергія.*

A. Gnatov, Sch. Argun, O. Ulyanets.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

[1] Kharkiv National Automobile and Highway University,
[2] Program-Ace

The analysis of the main trends in the use and deployment of energy efficient technologies in transport were conducted. It was proposed to divide the energy saving technologies for transport into two areas - transport and infrastructure. Each area brief description was given. The energy indicators of a hybrid bus during its movement in urban environments were calculated. The calculation of operating costs for different types of the same class buses was carried out.
***Keywords**: transport, electric transport, infrastructure, hybrid buses, energy-saving technologies, electric energy.*

Постановка проблемы. Актуальность такого направления, как «Энергосберегающие технологии на транспорте» обусловлена возрастающим интересом к области энергосберегающих технологий и электрического автомобильного транспорта. Прогресс в сфере электроники и информационных технологий, в том числе, на автомобильном транспорте предполагает необходимость в подготовке квалифицированных специалистов по разработке и обслуживанию современного оборудования с учетом развития энергоэффективной автотранспортной инфраструктуры.

Доказательством этому является растущее количество гибридных автомобилей и электромобилей, требующих совершенно новой концепции в построении инфраструктуры для их обслуживания и ремонта [1–4].

В свою очередь, невозможно обойтись без построения широкой городской и загородной сети зарядных станций для электромобилей и автомобилей – плагин-гибрид (plug-in hybrid). Такие зарядные станции должны быть оборудованы в соответствии с европейскими нормами экологической безопасности, с максимальным применением возобновляемых и альтернативных источников электроэнергии (солнечных батарей, ветрогенераторов и т.п.).

Все это подразумевает и внедрение комплексов средств под общим названием «Умные дороги», к которым относятся: интерактивное освещение и индикация состояния поверхности дороги в зависимости от погодных условий, беспроводная подзарядка электромобилей во время движения, активная разметка дороги с возможностью быстрого перераспределения режимов и полос движения в зависимости от загруженности дорог и т.п. «Умные дороги» представляют собой сложную электротехническую информационную систему, способную автономно работать и обеспечивать электрической энергией не только себя, но и нужды других электропотребителей [5].

© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец

Цель работы – исследование основ направления «Энергосберегающие технологии на транспорте» с анализом его основных составных элементов. Сравнительный анализ эксплуатационных затрат различных типов автобусов одного назначения и класса.

Результаты исследований. Направление «Энергосберегающие технологии на транспорте», в общем виде, можно разделить на две составные группы – это инфраструктура и транспорт (рис. 1). В свою очередь, инфраструктура делится на следующие элементы: станции технического обслуживания (СТО); энергоэффективные технологии и заправочные станции. Традиционно автомобильный транспорт можно разделить на: автобусный, грузовой и легковой.



Рис. 1. **Энергосберегающие технологии на транспорте**

Рассмотрим каждый из перечисленных элементов.

Обозначим терминологию.

Инфраструктура – это комплекс взаимосвязанных, обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования системы.

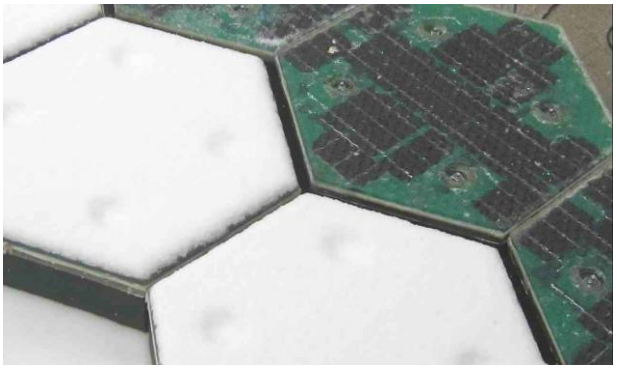
Транспортная инфраструктура – это разновидность инфраструктуры, совокупность всех отраслей и предприятий транспорта, как выполняющих перевозки, так и обеспечивающих их выполнение и обслуживание.

Из приведенной терминологии следует, что для функционирования автомобильного транспорта необходимы специализированные СТО. Соответственно, для обеспечения функционирования транспорта (в том числе и электро) необходима развитая сеть заправочных станций. К заправочным станциям следует отнести их структурные схемы, схемы размещения и принципы построения, которые зависят от условий эксплуатации транспорта и эко назначения.

Последний элемент, который относится к группе инфраструктура – энергоэффективные технологии. Это те технологии, которые направлены на эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения требуемых процессов (в транспорте, на производстве и т.п.).

Одним из наиболее ярких примеров энергоэффективных технологий на транспорте в группе инфраструктура являются, так называемые, умные дороги или система Solar Roadways [5].

Концепция Solar Roadways подразумевает превращение дорог в электростанции, т.к. асфальт на них можно заменить солнечными панелями, накрытыми прозрачными материалами, пропускающими свет рис. 2. В течение светлой части суток дороги сами будут производить электричество, получая свет от солнца. А в темное время накопленная энергия обеспечивает функционирование системы.



© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец



Рис. 2. **Система Solar Roadways**

Solar Roadways состоит из шестигранных панелей, покрытых сверхпрочным стеклом и начиненных солнечными батареями, микропроцессором, светодиодами и нагревательными элементами. Дорожные солнечные панели способны выдерживать нагрузку более 100 т, что делает их пригодными к использованию на любых типах дорог – от велосипедных дорожек до межрегиональных трасс, по которым курсируют груженые фуры.

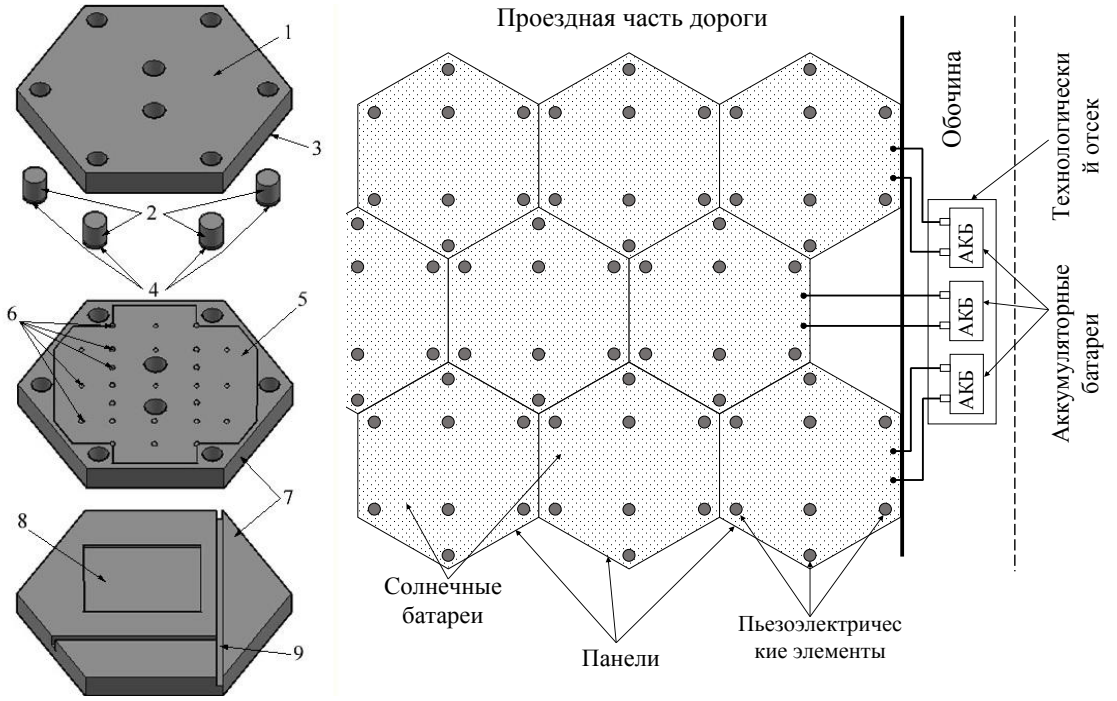
Необычный функционал дорожного покрытия Solar Roadways включает в себя:

- подсветку дороги в ночное время (программируемую динамическую светодиодную разметку и предупреждающие знаки);
- подогрев панелей в зимнее время;
- систему очистки от масел и антифризов;
- систему отвода дождевой воды;
- фильтрацию и обработку воды;
- систему доставки воды для полива и сельскохозяйственных нужд;
- сигнальную систему, которая предупреждает о поломке панели;
- зарядку электромобилей от солнечных панелей;
- защиту животных, дорожную экологию;
- выработку электроэнергии;
- предупреждение о необходимости снизить скорость в случае, если датчики нагрузки установят появление препятствия на дороге, что поможет снизить количество несчастных случаев в темное время суток.

Кроме того, система Solar Roadways предусматривает создание вдоль дороги «кабельного коридора», в который можно поместить любые типы кабелей, и секции, предназначенные для сбора и очищения ливневых вод. По мнению разработчиков, в целом их изобретение поможет решить проблему использования природных ресурсов, таких как нефть и газ.

В Харьковском национальном автомобильно-дорожном университете на кафедре автомобильной электронике коллективом авторов предложен один из вариантов конструкции панелей умных дорог, (рис. 3,а – конструкция панели, рис. 3,б – схемная реализация дороги из данных панелей) (данные разработки защищены патентами Украины).

© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец



а) б)

1 – прозрачная защитная крышка; 2 – опора крышки; 3 – нагревательные волокна; 4 – пьезоэлемент; 5 – солнечная панель; 6 – светодиоды; 7 – подкладка из стеклотекстолита; 8 – отсек для платы управления; 9 – желоб для электрических соединений

Рис. 3. **Конструктивное выполнение умной дороги: а) – конструкция панели; б) – техническая реализация умной дороги**

Перейдем к группе транспорт.

Наибольшее распространение среди автотранспорта, как энергоэффективный получил гибридный и электротранспорт. Поэтому и ограничимся в рассмотрении только этими категориями автотранспорта. А т.к. принципы построения для всего автотранспорта обозначенных категорий одинаковы, то рассмотрим наиболее иллюстративный вид – это автобусный транспорт.

Автобусный транспорт – это один из наиболее быстро развивающихся видов транспорта в области энергоэффективных технологий. И это не удивительно, т.к. особенности его использования заставляют их владельцев (частные и государственные организации) задумываться о сокращении эксплуатационных расходов. Особенно остро этот вопрос стал с подорожанием топлива, что и стимулировало развитие гибридных (совмещение двигателя внутреннего сгорания с электродвигателем) и электротехнологий, как на автобусном, так и на других видах автотранспорта.

Гибридные автобусы позволяют максимально снизить расход топлива, обеспечивая минимальный выброс вредных веществ в атмосферу. Так, гибридная силовая установка экономит до 60% энергии в сравнении с традиционными дизельными агрегатами (при этом снижение потребления топлива доходит до 30%), не говоря уже о снижении вредных выбросов в атмосферу на 70%. На рис. 4 представлена одна из конструкций современного гибридного автобуса [6].

Проведем расчет энергетических показателей гибридного автобуса следующим образом [5, 6].

© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец

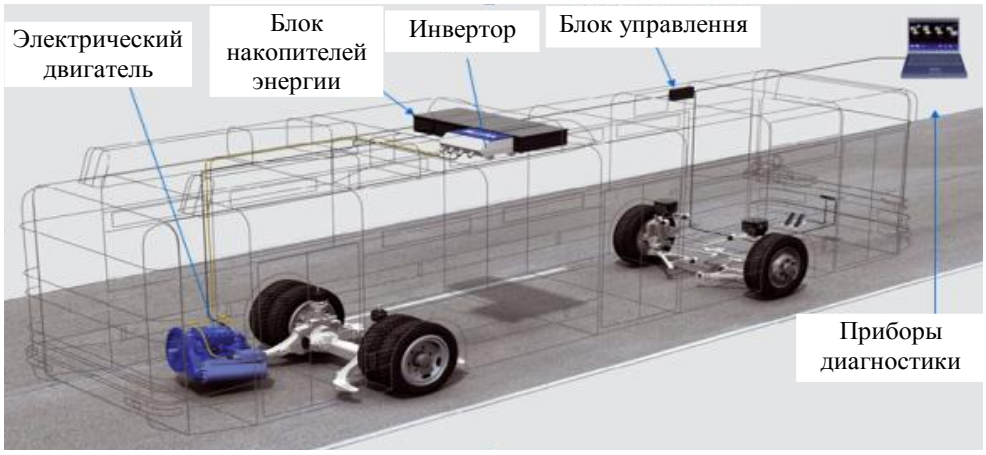


Рис. 4. **Конструкция современного гибридного автобуса**

Для рабочего цикла движения для транспорта разгон / пробег / торможения / стоянка, при движении транспортного средства по замкнутому маршруту энергия, необходимая для разгона транспортного средства включает только кинетическую энергию разгона с учетом потерь

$$E_1 = \frac{m \cdot V_1^2}{2K_u}. \quad (1)$$

Доступна для рекуперации энергии составляет

$$E_2 = \frac{K_u \cdot m \cdot V_1^2}{2}. \quad (2)$$

где m – масса транспорта;
K_u – суммарный коэффициент, учитывающий все потери при движении транспорта;
V_1 – скорость транспорта после разгона.
Эффективность рекуперации можно представить, как отношение энергии рекуперации к энергии, необходимой на разгон транспортного средства

$$EF = \frac{E_2}{E_1}. \quad (3)$$

Для рабочего цикла движения транспорта, эффективность рекуперации при наличии накопителя можно представить в виде

$$EF = \frac{\varphi \cdot \eta \cdot K_u^2 \cdot V_2^2}{V_1^2}. \quad (4)$$

где η – КПД работы накопителя в цикле заряд-разряд;
φ – КПД работы DC / DC преобразователя;
V_2 – скорость транспорта после выбега.
Учитывая, что в рассматриваемом цикле движения энергопотребления необходимо только на разгон транспортного средства, получаем

$$E_{nm} \cdot S = \frac{m \cdot V_1^2}{2K_u}, \quad (5)$$

откуда

© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец

$$K_u = \frac{V_1^2}{2E_{yд} \cdot S}. \quad (6)$$

где $E_{yд}$ – удельное энергопотребление транспорта;

S – длина маршрута в цикле.

Проводя расчеты по представленной методике, в итоге, можно сформулировать технические требования для компонентов гибридной силовой установки конкретного автобуса. Например, для категории городского автобуса массой 18 т были рассчитаны и сформулированы технические требования, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Технические требования для компонентов гибридной силовой городского автобуса

Установленная мощность ДВС, кВт	55–70
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	120–140
Максимальная мощность электродвигателя, кВт	180–220
Номинальная мощность накопителя, кВт	90
Энергия накопителя при номинальной мощности, МДж	Больше 2,2

Для большей убедительности в необходимости применения энергоэффективных технологий на транспорте представим сравнение затрат на эксплуатацию различных типов автобусов одного класса.

Для того, чтобы выяснить какой автобус будет меньше потреблять топлива (или электрической энергию), проведем сравнение обычного дизельного автобуса, гибридного автобуса и электрического автобуса на аккумуляторах.

Для корректного представления данных, выбран один маршрут в г. Харьков, (маршрут № 147е – Центр (кинотеатр "Звезда") – пр. Гагарина – Герцена – Новые Дома – Новозаподная – ХТЗ – Восточный – микрорайон "Горизонт"). Длина пути в одну сторону составляет 20,36 км (рис. 5). Время движения составляет 55 мин. Количество остановок – 36.



Рис. 5. **Дизельний автобус «MAN A10» на маршруте № 147е, г. Харьков**

В Харькове по этому маршруту ездит дизельный автобус «MAN A10 (NL202)». На один маршрутный проезд расходуется 7 л дизельного топлива. За один день автобус делает 10 таких поездок. Цена 1 л дизельного топлива 16,80 грн. Расходы на топливо за один день составляют 1176 грн.

При расчете затрат на гибридный автобус с электрическим двигателем мощностью 180 кВт получено примерно 30–40% экономии дизельного топлива. Следовательно, затраты на дизельное топливо для гибридного автобуса на выбранный маршрут г. Харькова будут составлять 765 грн.

При расчете затрат на электробус, который приводится в движение электрическим двигателем мощностью 230 кВт эксплуатационные затраты на один рабочий день будут значительно меньше. Например, рассмотрим львовский автобус «Электрон Э 19101», который может проехать без подзарядки до 210 км, а, чтобы подзарядиться на 70 % необходимо всего 15–20 мин. То есть такой автобус как раз подходит для этого маршрута.

© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец

На автобусе «Электрон Э 19101» стоят аккумуляторные батареи, емкостью 120 кВт·ч. Т.о. на один рабочий день электробус потратит 120 кВт. Цена 1 кВт электроэнергии для промышленного потребления составляет 1,38 грн. Соответственно, за один рабочий день будет потрачено 150 грн на электрическую энергию.

Электробус «Электрон Э 19101» является самым экономным, по сравнению с рассмотренными выше, но этот автобус использует обычные Li-Ion аккумуляторы, а их срок службы при такой работе, составит 3–5 лет. Этот фактор, пока, является одним из значительных недостатков таких автобусов, т.к. стоимость данных аккумуляторов в районе $ 15–20 тыс.

Расчеты только на эксплуатационные расходы (на топливо) показывают, что за один год использования гибридного автобуса на маршруте № 147е г. Харькова можно сэкономить примерно:

$(1176 - 765)\cdot 365 = 150015$, грн.

Выводы. Проведено исследование направления «Энергосберегающие технологии на транспорте» с анализом его основных элементов. Раскрыты его группы: инфраструктура и транспорт.

Проведен расчет энергетических показателей гибридного автобуса при его движении в городских условиях эксплуатации. Определены технические требования для компонентов гибридной силовой установки в составе городского автобуса весом 18 т.

Произведен расчет эксплуатационных расходов для разных типов автобусов: обычного дизельного; гибридного и электрического автобуса на Li-Ion аккумуляторах. Результаты показали, что использование гибридных автобусов для городских перевозок является желательным с экономической точки зрения, так как эксплуатационные расходы только на топливо за один год эксплуатации уменьшаться приблизительно на 150 тыс грн по сравнению с обычным дизельным автобусом.

1. Білявський Г.О. Основи екологічних знань: Підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2000. – 336 с.

2. Сучасні технології на автобусному транспорті. Матеріали IV-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції ["Сучасні технології та перспективи розвиткуавтомобільного транспорту"] (14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця) / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.В. Підгора. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 139 с. С. 93 – 97.

3. Потребление нефти в мире [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу: http://oilexp.complexdoc.ru/2356527.html.

4. Гібридні автомобілі: [монографія] / [О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Сєріков та ін.]; Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Х.: Крок, 2008. – 327 с.

5. Умные Дороги «Solar Roadways» // Матеріали сайту – 2015. – Режим доступу: http://blog.pwrg.ru/solar-roadways/.

6. Экономичный экологичный гибридный городской автобус [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу: http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/40498/doc/44113/.

Стаття надійшла в редакцію 12.04.16

© А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А.Ульянец

УДК 621.436.004.5

Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць
Белорусская государственная академия связи
Луцький национальный технический университет

РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Дан краткий анализ новому научному направлению «Радиотехническая диагностика» применительно к транспортным системам. Работающие тепловые и электрические двигатели являются генераторами интенсивного электромагнитного излучения в радиодиапазоне. Это излучение промодулировано по частоте и по амплитуде, как внутренними процессами формирования радиоизлучения, так и внешними воздействиями. Применяя интегральную, спектральную и корреляционную обработку сложного радиосигнала получают все основные параметры работающих двигателей, величину внутренних фрикционных связей и характер внешнего воздействия на движущееся транспортное средство, что позволяет определять возможность дальнейшего практического использования данного транспортного средства и осуществлять оптимальное его управление.

Ключевые слова: транспорт, двигатель, радиоизлучение, техническая диагностика.

Л.І. Гречихін, Н.Г. Куць
Білоруська державна академія звязку
Луцький національний технічний університет

РАДІОТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Дано короткий аналіз нового наукового напрямку «Радіотехнічна діагностика» стосовно до транспортних систем. Працюючі теплові і електричні двигуни є генераторами інтенсивного електромагнітного випромінювання в радіодіапазоні. Це випромінювання промодульоване по частоті і по амплітуді, як внутрішніми процесами формування радіовипромінювання, так і зовнішніми впливами. Застосовуючи інтегральну, спектральную і кореляційний обробку складного радіосигналу, отримують всі основні параметри працюючих двигунів, величину внутрішніх фрикційних зв'язків і характер зовнішнього впливу на рухомий транспортний засіб, що дозволяє визначати можливість подальшого практичного використання даного транспортного засобу і здійснювати оптимальне його управління.

Ключові слова: транспорт, двигун, радіовипромінювання, технічна діагностика

L. Gretchikhin, N. Kuts
Belarusian State Academy of Telecommunications
Lutsk National Technical University

RADIO TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TRANSPORT SYSTEMS

A brief analysis of the new scientific direction "Radio Technical diagnosis" in relation to transport systems. Working thermal and electric engines are a source of intense electromagnetic radiation in the radio rang. This radiation is modulated about the frequency and amplitude as the internal processes of generating radio waves as well as external influences. Using an integrated, spectral and correlation processing of complex radio signal receive all the basic parameters of running engines, the amount of internal friction relationships and the nature of external influence on the moving vehicle. This makes it possible to determine the possibility of further practical use of this vehicle and to carry out its optimal management.

Keywords: transportation, motor, radio waves, technical diagnostics.

Введение. Безопасность движения транспортных систем на всех видах транспорта определяется правильной работой тепловых и электрических двигателей, а также минимальным фрикционным взаимодействием разных пар трения. Поэтому непрерывная техническая диагностика работающих двигателей и анализ изменения сил трения в процессе движения транспортного средства является весьма актуальной в связи с длительной эксплуатацией транспортных систем автомобильного, морского и воздушного транспорта. Из всех методов непрерывной технической диагностики работающих разных типов двигателей и опасного изменения сил трения в процессе движения транспортного средства наиболее перспективным является метод, основанный на анализе радиошума, возникающего в процессе функциональной работы разных устройств в сложной технической системе.

Цель и задачи. В этой связи возникает цель: разработать дистанционную и бортовую аппаратуру анализа и принятия правильного решения на продолжение движения или оптимального управления путем анализа радиошума каждого работающего отдельного блока, как в автоматизированном, так и в автоматическом режиме.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

© Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць

- разработать метод и соответствующую аппаратуру анализа и измерения интегральной мощности радиошума разных транспортных средств автомобильного, морского и воздушного транспорта;

- разработать метод идентификации спектра амплитудных и фазово-частотных модуляций, а также его отклонения от эталонного путем анализа изображения полученного спектра модуляций каждой из гармоник;

- провести анализ полученных результатов обработки радиошума на разных видах транспорта.

Анализ исследований. Интегральная мощность радиошума. Радиошум от работающих тепловых двигателей возникает вследствие разделения электрических зарядов в зоне горения топлива. Для электрических двигателей радиошум возникает вследствие образования токов смещения в электрических контактах, а во фрикционных парах трения -- вследствие наличия контактной разности потенциалов.

Спектральная мощность радиошума. Более подробную информацию о техническом состоянии работающих двигателей получают путем применения автокорреляционной обработки сигнала. Автокорреляционный анализ радиошума позволяет получать спектр амплитудных модуляций. Предварительно для каждого двигателя получают спектр амплитудных модуляций и заносят в долговременную память бортового компьютера.

Основная часть. Исследование интегральной мощности радиошума. В камере сгорания теплового двигателя происходит разделение электрических зарядов и на выходе из выхлопного отверстия разделенные заряды нейтрализуются, и это приводит к возникновению электромагнитного излучения в радиочастотной области, которое распространяется, как в окружающей среде, так и проникает внутрь транспортного средства. Внутри транспортного средства радиоизлучение распространяется как по волноводу, заполненному плазмой. Радиочастотный сигнал промодулирован по частоте и амплитуде. Модуляция по частоте и амплитуде осуществляется процессом нестационарного горения топлива.

Сам процесс горения топлива определяется: работой форсунки; количеством впрыскиваемого топлива в жаровую камеру; количеством воздуха, подаваемого в зону горения; газодинамикой горящего топлива; однокамерным или многокамерным горением топлива и др.

Максимум радиоизлучения разных работающих двигателей сосредоточен в области 90…150 кГц. Указанная область частот не используется в радиовещании, но подвержена заметному воздействию атмосферных радиошумов. Если датчики радиошума размещены внутри транспортного средства, то влияние атмосферных шумов не должно сказываться вследствие экранировки металлическим корпусом.

Кроме нестационарного горения топлива радиоизлучение промодулировано работой компрессора, турбиной и различными механическими нагрузками, которые испытывает корпус транспортного мредства, а также, работой компрессора, работой турбины и разными парами трения. Внешние и внутренние механические воздействия на корпус транспортного средства сосредоточены в области частот 10…1000 Гц, а эрозионное горение топлива – в области частот 1500…3500 Гц. Такое разделение по частоте разных механизмов модуляции используется для непрерывной технической диагностики работающих тепловых двигателей. При этом измеряются интегральная мощность излучения в области частот 10…1000 Гц и в области частот 1500…3500 Гц.

Оба механизма действуют независимо, но в совокупности и определяют работу двигателя и разных вспомогательных агрегатов. Поэтому, их произведение позволяет оценивать в целом возможность совершать дальнейшее движение транспортного средства. Критерием принятия правильного решения служит величина отклонения от средне эффективного значения мощности, устанавливаемой для каждого транспортного средства в отдельности.

Исследование спектральной мощности радиошума. В процессе движения транспортного средства производится распознавание образов полученного спектра амплитудных модуляций от эталонного. Критерием принятия правильного решения является отклонение от заданной амплитуды и частоты, как отдельной спектральной составляющей, так и по многим составляющим.

Проведенный анализ радиошума работающего двигателя позволяет правильно обосновать требования к разработке бортового автомата принятия правильного решения о продолжении движения, а дистанционно осуществлять полную техническую диагностику. Ниже приведем

© Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць

результаты измерений для некоторых транспортных средств автомобильного, морского и воздушного транспортов.

Автомобильный транспорт. Обширные исследования характера радиоизлучения были выполнены на автомашинах с карбюраторными двигателями и искровым зажиганием. Наиболее детально была обследована автомашина марки ВАЗ. Общий характер радиоизлучения был получен для машин АЗЛК, КАЗ-608, ЛАЗ-695. В результате установлено наличие интенсивного радиоизлучения у всех автомашин при их движении в области частот 90 150 кГц.

Радиоизлучение промодулировано по частоте и по амплитуде нестационарным горением топлива, характером работы двигателя, мощностью на валу двигателя, разными парами сил трения и разными внешними воздействиями. В результате применения фурье анализа и корреляционной обработки полученной информации идентифицируется полный портрет технического состояния автомобиля при его движении [1].

Аналогичная ситуация возникает при движении автомобилей с дизельным двигателем. Конкретные исследования были выполнены для дизеля Д-245 при его стендовых испытаниях. В результате получены частота эрозионного горения топлива и соответствующая ей температура в зависимости от нагрузки на валу [1].

Морской транспорт. Исследование радиошума были выполнены в порту на судне «Сергей Похлебаев». На этом судне установлены два дизеля 4-х тактные, 8-и цилиндровые. Радиоизлучение отсутствовало на верхней палубе корабля, а также на срезе выхлопной трубы. Интенсивное радиоизлучение реализуется в машинном отделении непосредственно у корпуса двигателя. Мощность и спектральный состав радиоизлучения на частоте 120 кГц зависели от скорости движения судна и механического момента на валу. В момент качки судна мощность радиоизлучения синхронно изменялась с частотой качки судна. Работающий дизель-генератор в машинном отделении также давал радиоизлучение, которое накладывалось на основное радиоизлучение двигателей.

Авиатранспорт. Тщательные исследования механизма возникновения радиоизлучения были выполнены на самолетах АН-24, ЯК-40, МИГ-21, СУ-9. В результате было установлено, что электризация самолетов при их движении в атмосфере Земли обусловлена не взаимодействием с окружающей атмосферой, а динамикой горения топлива в турбовинтовых и турбокомпрессорных двигателях. Внешнее воздействие и работа разных внутренних энергоблоков проявляется в амплитудном и частотном модулировании основного радиосигнала. Спектральная и автокорреляционная обработка радиосигнала позволила получить полную информацию о техническом состоянии самолета при его полете [2], как непосредственно на борту, так и дистанционно на значительном удалении.

Выводы. Тепловые и электрические двигатели, которые широко используются во всех видах транспорта, являются генераторами интенсивного электромагнитного излучения в радиодиапазоне. Это излучение промодулировано по частоте и по амплитуде. Модуляция осуществляется как внутренними процессами формирования радиоизлучения, так и внешними воздействиями.

Интегральная, спектральная и корреляционная обработка радиосигнала позволяют определять все основные параметры работающих двигателей, величину внутренних фрикционных связей и характер внешнего воздействия на движущееся транспортное средство. Это позволяет определять возможность дальнейшего практического использования данного транспортного средства и осуществлять оптимальное его управление.

Литература

1. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания. Физические основы технической диагностики и оптимального управления. – Мн.: «Навука і техніка», 1995. 270 с.

2. Гречихин Л.И. Разделение электрических зарядов на поверхности твердого тела: Дис. д-ра физ.-мат. наук. – Мн. 1974.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2016

© Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць

УДК 656.11

О.М. Грицунь
Національний університет «Львівська політехніка»

АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ ПІШОХОДІВ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ

***У роботі проаналізовано основні причини порушень правил дорожнього руху пішоходами під час перетину регульованих перехресть та розглядаються чинники, які впливають на поведінку пішоходів в умовах ризику під час світлофорного регулювання. Наведено залежності розподілу кількості порушень пішоходами переходу проїзної частини на заборонний сигнал світлофора залежно інтенсивності транспортного потоку та тривалості* червоного сигналу. Описуються моделі, які відтворюють поведінку пішохідного потоку у реальних умовах.**

Ключові слова: пішохідний потік, транспортний потік, світлофорне регулювання, поведінка пішоходів, час терпеливого очікування.

О.М. Грицунь
Национальный университет «Львовская политехника»

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ.

В работе проанализированы основные причины нарушений правил дорожного движения пешеходами при пересечении регулируемых перекрестков и рассматриваются факторы, которые влияют на поведение пешеходов в условиях риска при светофорном регулировании. Приведены зависимости распределения количества нарушений пешеходами перехода проезжей части на запрещающий сигнал светофора вотзависимости интенсивности транспортного потока и продолжительности красного сигнала. Описываются модели, которые воспроизводят поведение пешеходного потока в реальных условиях.

***Ключевые слова**:пешеходный поток, транспортный поток, светофорное регулирование, поведение пешеходов, время терпеливого ожидания.*

O. Hrytsun
National University "Lviv Polytechnic"

Analysis of the behavior of pedestrians at signalized intersections.

The paper analyzes the main causes of violations of traffic rules by pedestrians when crossing intersections regulated and examines the factors that influence the behavior of pedestrians at risk when traffic signalization. The dependences of the distribution of the number of violations pedestrians cross the carriage way at a red light, depending on the intensity of traffic and the duration of the red signal. It describes the models that reproduce the behavior of pedestrian flow in real conditions.

***Keywords**:pedestrian flow, traffic flow, traffic signalization, the behavior of pedestrians, patient waiting time.*

Постановка проблеми. Кількість дорожньо-транспортних подій за участю пішоходів з кожних роком зростає, причому досить часто винними є самі пішоходи. Це відбувається головним чином через зростання рівня автомобілізації, збільшення кількості регульованих пішохідних переходів, а також у результатіпроведення спеціальних заходів (мітинги, акції протесту, масові святкування тощо). Однак, проблема забезпечення зручності і безпеки руху пішоходів є одним з найбільш відповідальних і, разом з тим, недостатньо розроблених розділів організації руху на даний час. Складність цього завдання, зокрема, обумовлена тим, що поведінка пішоходів важче піддається регламентації, ніж поведінка водіїв, а в розрахунках режимів регулювання важко врахувати психофізіологічні чинники з усіма відхиленнями, властивими окремим групам пішоходів [1]. Регулювання пішохідного потоку передбачає комплексне використання архітектурно-планувальних і організаційних заходів, що випливають з дослідження умов і характеристик руху пішоходів на вулично-дорожній мережі.

Виявлено, що в середньому близько 20% пішоходів порушують правила дорожнього руху, здійснюючи перехід проїзної частини на заборонний сигнал світлофора, тобто в умовах ризику. Тому необхідно навести означення різних термінів, які застосовуються під час опису ризику, як стадії дії в поведінці пішохода. На цей час відомо такі [2]:

– ризик, як умова поведінки пішоходів. Під цим розуміють певні внутрішньо індивідуальні чинники небезпеки;
– ризик, як готовність до поведінки. Переважають випадки, які пов’язані з небезпекою та мають значний вплив на поведінку пішоходів;
– ризик, як наслідок поведінки. Суб’єктивно-негативний ефект індивідуальної поведінки в умовах ризику, наприклад, у вигляді втрат або матеріального збитку.

© О.М. Грицунь

Дорожня поведінка пішоходів в умовах ризику, як відомо, дуже часто є недостатньо прогнозованою, оскільки пішоходи керуються прагненням до мети і до безпеки. Таким чином, можна припустити, що характер індивідуальної поведінки пішоходів, пов'язаний з ризиком, не ототожнюється мотивами мети та безпеки, а виражається стилем поведінки в умовах небезпечних ситуацій. При цьому, розрізняють адаптований і довільний стилі [3]. Перший стиль поведінки, в умовах ризику, пов'язаний з такими індивідуальними ознаками, як гнучкість сприйняття, чутливість і самостійність. Ця форма управління поведінкою прямо залежить від конкретних обставин ризику і об'єктивних показників вибору мотиву мети або безпеки. Поведінка у довільному стилі управляється суб'єктивними рішеннями, які в значній мірі впливають на ситуацію і особливості поведінки.

Узв'язку з цим,**метою роботи** є визначення чинників, які визначають час терпеливого очікування пішоходів під час перетину проїзної частини на заборонний сигнал світлофора та встановлення ступеня їх впливу.

Результати досліджень.Безпека руху на регульованих переходах залежить від дисциплінованості пішоходів. За тривалогоочікування дозвільного сигналу імовірність скупчення групи пішоходів збільшується. Пішохід, опинившись у такій ситуації, спочатку сприймає навколишнє середовище таким, яким воно є, звикає до нього, а потім вже ставить перед собою певні цілі і формує інтереси. Наступним етапом прийняття рішення є те, що пішохід починає рухатися у потрібному напрямку, що спричиняє перехід проїзної частини з підвищеним ризиком на заборонний сигнал світлофора [1]. Критичний час очікування (час терпеливого очікування) залежить від ряду суб'єктивних чинників: фізичного і психофізіологічного стану пішохода, цільового призначення і терміновості його пересування, адаптації пішохода до умов руху, часу доби, року, інтенсивності транспортного потоку, дожини пішохідного переходу тощо. Число порушників збільшується зі зростанням тривалості заборонного сигналу світлофора і зменшенням інтенсивності транспортного потоку. У роботах [4–6] розрахункове значення часу терпеливого очікування пішоходів приймають близько 30 – 90 с. Саме у цьому проявляється певна наукова задача для диференціації умов. Які визначають цей показник, оскільки розмах його значення надзвичайно великий. Однак, необхідно зважати на те, що зміна тривалості очікування інколи може суттєво впливати як на пішохідні, так і транспорті затримки.

Якщо затримка пішоходів може бути визначена експериментально шляхом прямих вимірювань, то для кількісного вираження часу терпеливого очікування необхідно провести численні дослідження за процесом перетину пішоходами проїзної частини. Це дозволить диференціювати чинники, які безпосередньо,в тій або іншій мірі, впливають на визначення часу терпеливого очікування пішохода [7].

Виходячи з цього, проведено ряд досліджень, які дали змогу об'єктивно оцінити використання сигналів світлофора під час перетину пішоходами проїзної частини в умовах ризику, який залежить від двох чинників – інтенсивності транспортного потоку і дожини пішохідного переходу (рис. 1).

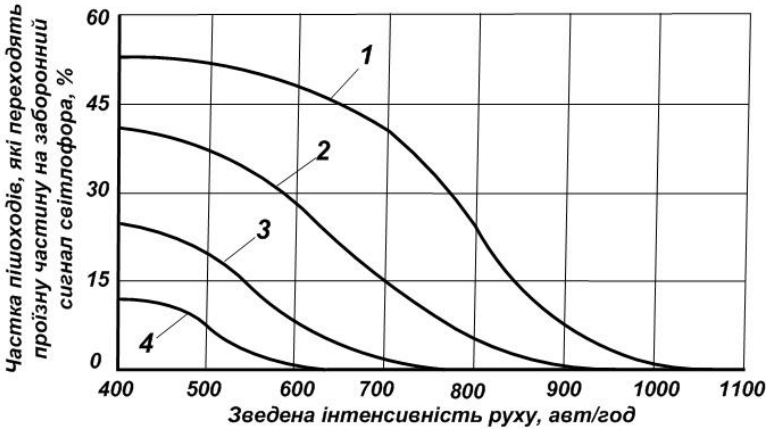


Рис. 1. **Результати натурних досліджень поведінки пішоходів на регульованих переходах протягом дня:**

1 – двосторонній рух, довжина пішохідного переходу $B_1 = 7,5 м$; 2 – односторонній рух, $B_2 = 11,25 м$; 3 – двосторонній рух, $B_3 = 15 м$; 4 – двосторонній рух, $B_4 = 22,5 м$.

Аналізуючи результати досліджень (рис. 1), можна помітити тенденцію зменшення порушень пішоходами переходу проїзної частини в умовах наростання ризику, тобто збільшення інтенсивності руху та довжини шляху, який їм необхідно подолати. Спостереження показали, що визначальним у прийнятті рішення поведінки пішоходів під час світлофорного регулювання є довжина пішохідного переходу та інтенсивність транспортного потоку, тобто розподіл інтервалів між автомобілями. У щільних транспортних потоках, пішоходи не приймають рішення перетнути проїжджу частину на заборонний сигнал світлофора. Проте, із збільшення кількості смуг руху, відбувається розпад груп автомобілів, їх швидкість зростає, оскільки інтервали між ними збільшуються, а транспортні засоби структуруються за складом руху по смугах, у результаті чого пішоходи не ризикують переходити проїзну частину на заборонний сигнал світлофора. За таких умов збільшується час терпеливого очікування пішоходів. Це пояснюється і тим, що із збільшенням довжини переходу $B_1 < B_2 < B_3 < B_4$ зменшується відсоток порушень правил дорожнього руху, а саме, перехід проїзної частини на заборонний сигнал світлофора. Тому, можна помітити пряму залежність між поведінкою пішоходів в умовах ризику та зміною інтенсивності руху на проїзній частині з різними геометричними параметрами.

Отже, за результатами такого дослідження можна визначити частку осіб, які практично за будь-яких умов переходять проїзну частину, незважаючи на сигнали світлофора. Це важлива інформація для обґрунтування облаштування різних обмежуючих пристроїв під час проектування пішохідних переходів в одному рівні. Проте, наступне дослідження показує, наскільки збільшення тривалості заборонного сигналу може «провокувати» пішоходів на перехід проїзної частини в умовах ризику, що є особливо важливим завданням під час удосконалення підходів щодо розрахунку режимів регулювання, втрат часу,зміни умовбезпеки руху та керуванням пропускною здатністю на перехрестях і регульованих пішохідних переходах.Результати цих досліджень наведено на рис. 2.

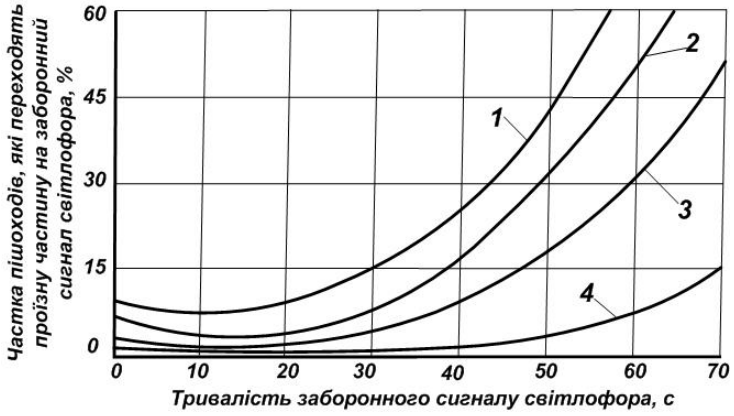


Рис. 2. **Результати експериментального дослідження часу терпеливого очікування пішоходів на регульованому переході протягом дня:**
1 – двосторонній рух, довжина пішохідного переходу $B_1 = 7,5 м$; 2 – односторонній рух, $B_2 = 11,25 м$; 3 – двосторонній рух, $B_3 = 15 м$; 4 – двосторонній рух, $B_4 = 22,5 м$.

Зміна частки пішоходів, які здійснювали перехід проїзної частини на заборонний сигнал світлофора аналізувався на об’єктах за різної його тривалості. Різка зміна характеру кривих знаходиться в межах: для кривої 1 – 21 – 25 с; 2 – 25 – 32 с; 3 – 36 – 43 с; 4 – 48 – 57 с, після чого помітно збільшується темп приросту кількості порушеньруху пішоходів під час заборонногосигналу світлофора. За тривалості такого сигналу до 28 спішоходи переважно очікують дозволу на перехід, проте, із збільшенням цієї тривалості починає різко зростати частка тих, які порушують правила переходу. У такому випадку перехід проїзної частини відбувається з підвищеним ризиком, що є передумовою виникнення дорожньо-транспортних подій. Тому

необхідне ввімкнення сигналу, який дозволяє перехід пішоходом проїзної частини не менше одного разу за хвилину.

Також, важливою умовою оптимальної організації пішохідного руху є облік психофізіологічних і фізичних можливостей людей та прогнозування поведінкипішоходів під час розроблення відповідних технічних рішень. До психофізіологічних чинників слід, перш за все, віднести природне прагнення людей заощаджувати зусилля і час, рухаючись за найкоротшим шляхом між зазначеними пунктами. При цьому, пішоходи мають різні можливості в пересуванні, початкову швидкість, найменшу інерційність і максимальну мобільність у виборі напрямку руху. Під час розроблення схем організації пішохідних потоків це положення вимагає ретельного обліку. Прогнозування поведінки пішоходів є невід'ємною ланкою випереджаючого відображення об'єктивного ходу подій у пішохідному русі. Доведено, що частота порушень вимог безпеки дорожнього руху пішоходами (перехід через проїзну частину на заборонний сигнал світлофора) в значній мірі залежить від провокуючої поведінки одного з пішоходів[7–8]. Тому необхідні дослідження для встановлення моделі поведінки пішоходів під час переходу через регульовані перехрестя. Це дасть можливість відтворення правдоподібної поведінки пішоходів під час їхнього моделювання, оскільки переміщаючись, пішоходи прагнуть досягнути точки призначення максимально швидко (трудові та навчальні цілі) або неспішно прогулюючись (культурно-побутові цілі).

Для відтворення реалістичної поведінки пішоходів, часто ґрунтуються на різних фізичних моделях, представляючи пішохідний потік, наприклад, як речовину, яка складається з різних молекул [9]:

– моделі магнітних сил. Пішоходів розглядають як заряди, які поміщають у магнітне поле. При цьому, пішоходи та перешкоди мають позитивний заряд, а мета руху – негативний. Переваги даної моделі визначаються тим, що розрахунки ведуться на основі аналітичних формул, виконується швидкий розрахунок, а сама модель досить проста. До недоліківможна віднести труднощі визначення індивідуальних характеристик пішоходів, пов'язаних з їх уподобаннями, особливо в умовах надзвичайних ситуацій або паніки.
– моделі, в яких використовується теорія черг. Тобто, під час розгляду руху пішоходів необхідно залучати імовірнісні функції. Можна ввести імовірність прибуття пішоходів в певне місце, де вони очікують деякий час і пізніше рухаються далі. Черги можуть об'єднуватися в мережу, яка містить декілька вузлів, переміщення від вузла до вузла змінюється імовірністю їхнього вибору і здійснюється оцінка кількості пішоходів в обраний момент часу.
– моделі, в яких рух пішоходів розглядається з використанням теорії клітинних автоматів. Простір представляють у вигляді сітки. Пішохід може розміститися лише в одній клітинці. Процес руху пішоходів моделюють як перехід їх між клітинами на основі певних правил.
– модель на основі газо-кінетичного підходу. Ця модель дозволяє розглядати поведінку пішоходів таким же чином, як рухаються молекули у газі. Не можна знати, яка точна швидкість пішохода і яке його положення, тому користуються статистичним розподілом часток. При цьому, під час зустрічі з перешкодами, поведінка пішоходів і молекул буде схожою.
– модель соціальних сил, ґрунтується на ньютонівській механіці для того, щоб описувати рух пішоходів, оскільки, в класичній механіці сили є причиною руху. У розглянутій моделі сили виникають внаслідок соціальних взаємодій.

Під час вибору моделі, необхідно визначити ряд параметрів [10]:

– вибір мікроскопічної або макроскопічної моделі.У мікроскопічній моделі можна виділити кілька пішоходів, визначити їх характеристики, простежити їх маршрут.У макроскопічній – потік розглядається цілком без виділення окремих пішоходів.
– дискретна або безперервна модель.
– детермінована або стохастична модель. Для детермінованих моделей ми маємо інформацію про всі параметри руху пішоходів. В стохастичних – пішоходи можуть різним чином поводитися в одних і тих же ситуаціях.
– модель, яка ґрунтується на правилах або на силах. У першому випадку рішення приймається на основі даних про поточну ситуацію і мету пішохода. У другому випадку рішення з боку пішохода створюється на основі тієї інформації, яку він отримує із

зовнішнього середовища, і чим більший зовнішній вплив, тим більше мірою від нього залежить рішення.

На рисунку 1 зображено структурну схему чинників поведінки пішоходів, які безпосередньо впливають на модель їх терпеливого очікування під час перетину проїзної частини в умовах світлофорного регулювання.

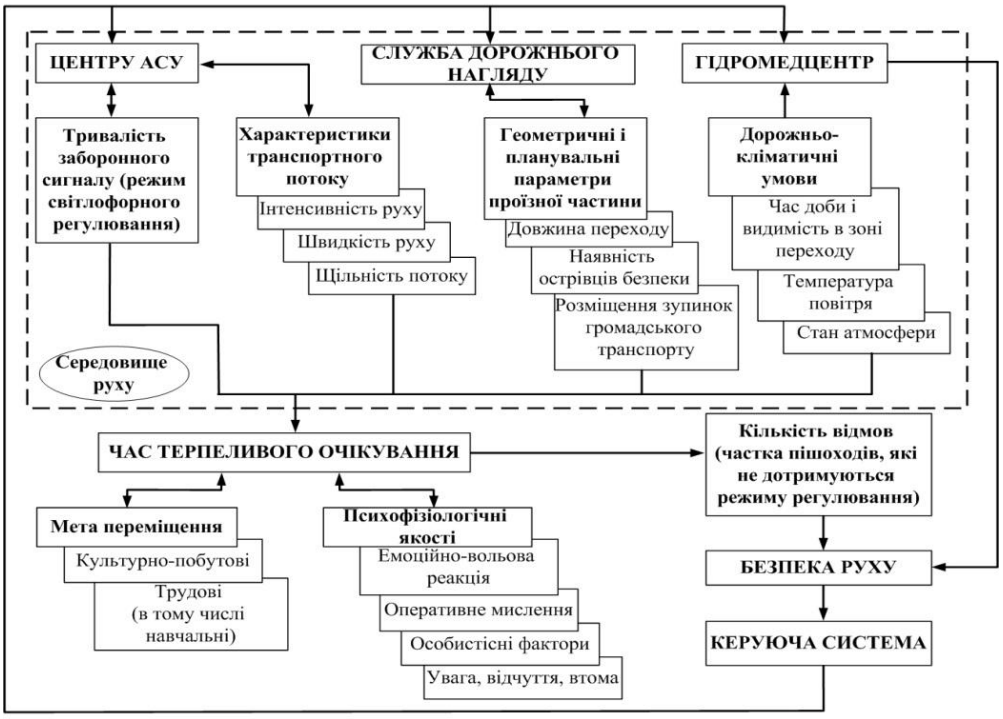


Рис. 3. **Структурна схема системи поведінки пішоходів на регульованому переході**

Основний зміст наведеної схеми полягає у тому, що час терпеливого очікування пішохода залежить від середовища руху, мети переміщення та психофізіологічних якостей. Основними елементами підсистеми «середовище руху» є центр автоматизованої системи управління дорожнім рухом (АСУДР), служба дорожнього нагляду та гідромедцентр.

Перехрестя обладнується системами збору інформації (СЗІ), що включають в себе транспортні детектори і телевізійні камери. СЗІ реєструють характеристики транспортних потоків (інтенсивність, швидкість, щільність, затримки на перехрестях, довжину черги перед світлофором тощо), режим світлофорного регулювання. Служба дорожнього нагляду фіксує геометричні і планувальні параметри проїзної частини (довжину переходу, наявність острівців безпеки, розміщення зупинок громадського транспорту тощо), гідромедцентр – дорожньо-кліматичні умови (час доби, видимість в зоні переходу, температуру повітря, стан атмосфери тощо)[11].

Отримана інформація каналами зв'язку передається в центральний керуючо-обчислюваний комплекс (ЦКОК), де відбувається її аналіз і вибір програми світлофорного регулювання для кожного перехрестя із умови мінімізації часу терпеливого очікування пішоходів і зменшення сумарної транспортної затримки перед стоп-лініями.На основі розрахунку ЦКОК вибирається відповідна модель, яка лініями зв'язку передається у виконуючі пристрої (контролери), що змінюють режим регулювання світлофора.

Висновки. Якщо інтенсивність транспортного потоку не дозволяє змінити режим роботи світлофорної сигналізації на користь пішоходів, то необхідно розробити імітаційну модель, яка дозволяє моделювати транспортні і пішохідні потоки на регульованому перехресті таким чином, щоб задовольнити потреби у безпечному переміщенні пішоходів та мінімізації затримки транспортних потоків у системах регулювання.

Отже, раціональна організація руху пішоходів є одним ізвизначальних чинників підвищення пропускної здатності вулиць і доріг та забезпечення більш дисциплінованої поведінки людей в середовищі руху.

© О.М. Грицунь

Література

1. Гаваев А. С. Анализ поведения пешеходов при пересечении проезжей части/ А. С. Гаваев, А. А. Гаваева // Организация и безопасность дорожного движения : материалы VII Всероссийской научно практической конференции, 4 апреля 2014 г. – Тюмень : тюмгнгу, 2014 – С. 62 – 65.

2. Клебельсберг Д., Транспортная психология: Пер. С нем./Под ред. / В. Б. Мазуркевича. – М.: Транспорт, 1989 – 367 с.

3. Sisiopiku, V.P., Akin, D. (2003), Pedestrian behaviouratandperceptionsto wardsvariouspedestrianfacilities: anexaminationbase donobservationandsurveydata,TransportationResearchPart F, No. F6, p. 249-274.

4. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения: Учеб. Для вузов.– 5-е изд., перераб. И доп. / Г. И Клинковштейн., М. Б. Афанасьев– М: Транспорт, 2001 – 247 с.

5. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.

6. Teply S. CanadianCapacityGuideforSignalized Intersec-tions. ThirdEdition / S. Teply, D.I. Allingham, D.B. Rich-ardson, B.W. Stephenson. – Toronto: InstituteofTrans-portationEngineers, District 7, 2008. – 230 p.

7. Буга П.Г. Организация пешеходного движения в городах: учеб. Пособие для вузов / П.Г. Буга, Ю.Д. Шелков. – М.: Высш. Школа, 1980. – 232 с. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения: Учеб. Для вузов.– 5-е изд., перераб. И доп. / Г. И Клинковштейн., М. Б. Афанасьев– М: Транспорт, 2001 – 247 с.

8. Akcelik R. Queuedischargeflowandspeedmodelsforsignalizedintersection / R. Akcelik, M. Besley // Proceed-ings of 15th InternationalSymposiumontransportationandtrafficflowtheory. – Adelaide, 2002. – P. 1-20.

9. Беспалов Д. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://bespalov.me/2012/06/07/modelirovanie-peshehodnih-potokov

10. Єрмак О. М. Дослідження взаємодії транспортних та пішохідних потоків / О. М. Єрмак// Комунальне господарство міст: Науково-технічнийз бірник. – 2013. – Вип. 110. – С. 249 – 253.

11. Chen, J.; Shi, J.J.; Li, X.L.; andZhao, Q. (2011). Pedestrian behaviourand trafficviolation satsignalized intersections. Proceedings of American Societyof Civil Engineers (ASCE), the 11th International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP), Nanjing China, p.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2016

© О.М. Грицунь

УДК 621.113

Г.С. Гудз[1], М.М. Борис[2], М.М. Остащук[1]
[1] Національний університет "Львівська політехніка"
[2] Національний лісотехнічний університет України

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕДАЧ АВТОНАВАНТАЖУВАЧІВ З ВДОСКОНАЛЕНИМ ПАКЕТОМ ФРИКЦІОНІВ

На основі статистичного аналізу експлуатації автонавантажувачів побудовано гістограми відмов складових підсистем гідромеханічних передач (ГМП). Отримано інтерполяційні формули, з яких визначено слабку ланку, а саме механічний редуктор. Описано суть доопрацювання в ньому пакету фрикціонів, що зменшило кількість відмов редуктора. Враховуючи інтенсивність відмов підсистем ГМП, яка підпорядкована експоненціальному закону, визначено ймовірність їх безвідмовної роботи.

Ключові слова: *автонавантажувач, гідромеханічна передача, фрикціон, надійність, ймовірність відмов.*

Г.С. Гудз[1], М.М. Борис[2], М.М. Остащук[1]
[1.] Национальный университет "Львовская политехника"
[2.] Национальный лесотехнический университет Украины

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧИ АВТОПОГРУЗЧИК С УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПАКЕТОМ ФРИКЦИОН

На основе статистического анализа эксплуатации автопогрузчиков построены гистограммы отказов составляющих подсистем гидромеханических передач (ГМП). Получены интерполяционные формулы, по которым определены слабое звено, а именно механический редуктор. Описаны суть доработки в нем пакета фрикционов, что уменьшило количество отказов редуктора. Учитывая интенсивность отказов подсистем ГМП, которая подчинена экспоненциальному закону, определены вероятность их безотказной работы.

Ключевые слова*: автопогрузчик, гидромеханическая передача, фрикцион, надежность, вероятность отказов.*

G. Gudz[1], M. Borys[2], M. Ostaschuk[1].
[1.]National University "Lviv Polytechnic"
[2.]National Forestry University of Ukraine

THE DETERMINATION OF THE KEA LIABILITY INDICES OF LOADING TRUCKS HYDRO MECHANICAL TRANSMISSIONS WIT THE REFINED FRICTION CLUTCHES PACKAGES.

The necessity of using the hydro mechanical transmissions in loading trucks in view of their specifics in movement with micro velocity while working in cycles is validated. Hydro mechanical transmissions are structured into the components: mechanical reducer, steering system. Cooling system and torque convertor.

Histograms of crashes of the components of hydro mechanical transmission sub-systems are drawn on the grounds of statistical analysis. The interpolation formula are obtained by the means of the planned experiment, from which coefficients of regression of mechanical reducer are determined. In order to improve its reliability the package of friction clutches was refined, which was confirmed by the valves of regression coefficients in the obtained equation on the grounds of new distribution curves which are subject to normal distribution law. Because the intensity of crashes of hydro mechanical transmission subsystems is described by exponential law, the probability of its crash-free work is determined, which gained bigger quantitative value for the mechanical reducer by the means of friction clutches package refinement.

Keywords: *loading truck, hydro mechanical transmission, friction clutches, reliability, crash probability.*

Постановка проблеми. На автотранспортних підприємствах та в лісовій галузі широко застосовуються автонавантажувачі. Особливими режимами їхньої роботи, що впливають на формування механічних та теплових навантажень в елементах трансмісії, є: велика частота зупинок та рушань з місця; рух з мікрошвидкістю під час під'їзду до вантажу, від'їзду з вантажем та маневрування в умовах складів та навантажувально-розвантажувальних майданчиків, обмежених за площею.

Відомо, що надійність – це основний показник якості машини, який відображає усі зміни в її технічному стані, що виникають у період експлуатації, і закладається під час її проектування та розрахунку, закладається в процесі виготовлення, модульного складання та реалізується в експлуатаційних умовах [1].

Тому останнім часом одним з головних напрямів удосконалення конструкцій автонавантажувачів є підвищення їх надійності та покращення показників їх ергономічних якостей шляхом застосування в нових моделях автонавантажувачів гідромеханічних передач замість механічних трансмісій, надійність яких виявилася надзвичайно низькою [2].

© Г.С. Гудз, М.М. Борис, М.М. Остащук

Завдяки застосуванню ГМП істотно підвищилася надійність автонавантажувачів та покращилися показники їхніх ергономічних властивостей . Зокрема, наявність ГМП дозволяє рух автонавантажувача з мікрошвидкістю (***υ*** = 0,25-1,25 м/с), реалізація якого передбачає різні конструктивні варіанти (керування тиском у торовій порожнині гідротрансформатора або у виконавчому пристрої фрикціонів). Останній варіант застосований у досліджуваних ГМП [3].

Спостерігаючи під час експлуатації ГМП автонавантажувачів, є змога оцінити їх якість та отримати кількісні показники надійності за параметрами ймовірності безвідмовної роботи, напрацюванням на відмову, інтенсивності відмов, а також визначити закони розподілу випадкових величин. За допомогою таких законів можна визначати не тільки кількісні показники надійності, але й вирішувати задачі технічного обслуговування і ремонту ГМП та приймати обґрунтовані рішення з підвищення їх надійності та якості. Це й визначає актуальність поставленої проблеми.

Метою роботи є визначення показників надійності (відмов) складових ГМП автонавантажувачів на засадах статистично-ймовірнісного аналізу.

Результати досліджень. Впродовж тривалого часу спільно з НВП “Автовантажмаш” проводилися спостереження під час експлуатації серійних автонавантажувачів моделей 4085 і 4038, обладнаних відповідно гідромеханічними передачами 27.17 та 4038.

У відповідності зі структурним аналізом [4] під час досліджень ГМП була розчленована на такі підсистеми ***n*** другого рівня: 1 – механічний редуктор (***n*** = 1); 2 – система керування (***n*** = 2); 3 – система охолодження (***n*** = 3); 4 – гідродинамічний трансформатор (***n*** = 4).

У результаті спостережень була виявлена низка несправностей трьох підсистем (***n*** = 1, 2, 3), статистичне опрацювання яких дозволило отримати гістограми розподілу (рис. 1). Відмов ГМП з причин несправностей гідротрансформатора (***n*** = 4) не виявлено.

З метою кількісної оцінки напрацювання на відмову підсистем ГМП отримаємо інтерполяційну формулу. Для цього використаємо метод планування експерименту [5] з матрицею планування 2^3, оскільки несправності виявлені у трьох підсистемах ГМП. Матриця планування експерименту та результати досліджень наведено у табл. 1.

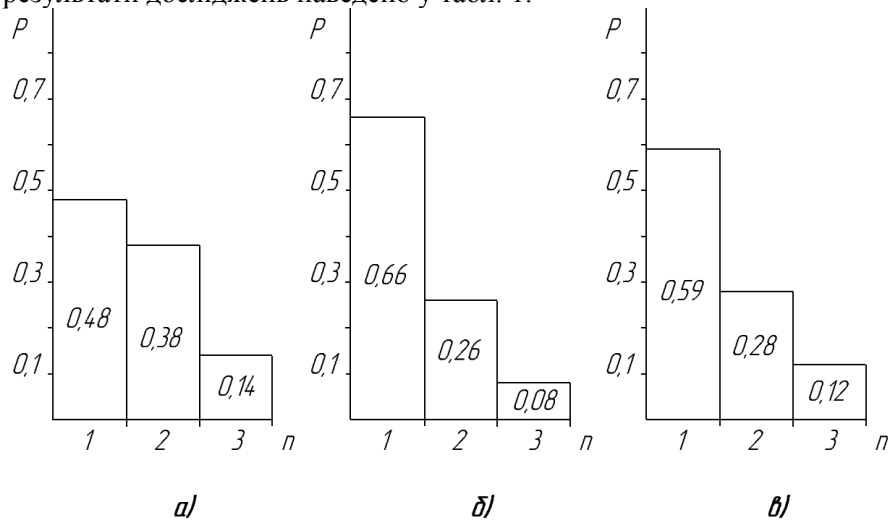


Рис. 1. **Гістограми розподілу ймовірностей відмов складових підсистем ГМП автонавантажувачів 4085 і 4038: *а*) для ГМП 27.17; *б*) для ГМП 4038; *в*) сумарна**

Таблиця 1

Матриця планування експерименту 2^3

№ з/п	Чинники				Напрацювання на відмову ***y***	
	X_0	X_1	X_2	X_3	до вдосконалення	після вдосконалення
1	+	–	–	–	1500	1500
2	+	+	–	–	688	1137,5
3	+	–	+	–	1021,5	688
4	+	+	+	–	209,5	325,5

© Г.С. Гудз, М.М. Борис, М.М. Остащук

5	+	–	–	+	1340,5	1224,5
6	+	+	–	+	528,5	862
7	+	–	+	+	862	412,5
8	+	+	+	+	50	50

Використовуючи результати досліджень, подані у табл. 1, розраховуємо коефіцієнти лінійної моделі (інтерполяційної формули), яка дає змогу кількісно оцінити напрацювання на відмову підсистем ГМП серійних автонавантажувачів моделей 4085 і 4038:

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^{8} y_i x_{ij}}{8}. \qquad (1)$$

Тоді

$$b_0 = \frac{1500+688+1021{,}5+209{,}5+1340{,}5+528{,}5+862+50}{8} = \frac{6200}{8} = 775;$$

$$b_1 = \frac{-1500+688-1021{,}5+209{,}5-1340{,}5+528{,}5-862+50}{8} = \frac{-3248}{8} = -406;$$

$$b_2 = \frac{-1500-688+1021{,}5+209{,}5-1340{,}5-528{,}5+862+50}{8} = \frac{-1914}{8} = -239{,}25;$$

$$b_3 = \frac{-1500-688-1021{,}5-209{,}5+1340{,}5+528{,}5+862+50}{8} = \frac{-638}{8} = -79{,}75.$$

В результаті отримано інтерполяційну формулу:

$$T = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 775 - 406 X_1 - 239{,}25 X_2 - 79{,}75 X_3. \qquad (2)$$

де T – напрацювання на відмову підсистем серійної ГМП;

X_1, X_2 і X_3 – чинники, які характеризують відповідно механічний редуктор, системи керування і охолодження.

Оскільки досліджувані чинники якісні, то прийнято відповідні рівні: "+1" – несправна підсистема, а "–1" – відповідно справна.

Враховуючи те, що відмови механічного редуктора є переважаючими в системі ГМП автонавантажувача, зупинимося детальніше на їх причинах. Основною причиною відмови механічного редуктора ГМП були несправності фрикційного вузла, які полягали у розблокуванні фрикційного пакету внаслідок випадання упорного кільця (рис. 2, *а*) з причини як недосконалості самого кільця, так і опорного диску. Це особливо проявилося в конструкції ГМП 4038, де тиск робочої рідини на поршень складає 25-28 МПа, що майже у 2 рази перевищує робочий тиск рідини в ГМП 27.17.

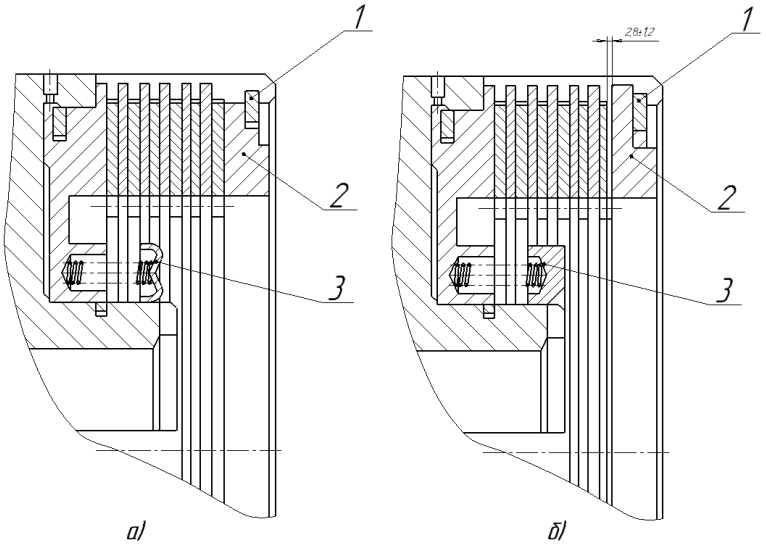


Рис. 2. **Конструктивна схема фрикційного вузла ГМП автонавантажувачів: *а*) до вдосконалення; *б*) після вдосконалення; 1 – кільце упорне; 2 – диск опорний; 3 – кільце натискне**

© Г.С. Гудз, М.М. Борис, М.М. Остащук

На рис. 2, *б* показана конструкція вузла, що вилилася у зміну технології виготовлення кільця зі стрічки з одночасно конструктивним збільшенням його товщини і внутрішнього діаметра. Також була змінена конструкція диска опорного з виступами, що дозволило працювати кільцю на зріз і зминання. Другою причиною розблокування фрикційного пакету було випадання кільця натискного (рис. 2, *а*) внаслідок того, що в міру зношування дисків додаткове переміщення поршня призводило до збільшення зусилля пружин на натискне кільце.

Усунення цього дефекту звелося до заміни конструкції натискного кільця (рис. 2, *б*), у якому запірне кільце додатково стопорило натискне кільце. Також в даному випадку була змінена конструкція посадкової канавки під запірне кільце, яка зводилася до зменшення її посадкового діаметру.

Такий дефект як підгоряння фрикційних дисків був усунений завдяки обов'язковому контролю кінцевого зазору між дисками фрикційного пакету, який повинен становити 2,8±1,2 мм, а також корегуванням технічних вимог до складання фрикційного пакету.

Спостереження під час експлуатації автонавантажувачів після конструктивного вдосконалення вузлів ГМП дозволили побудувати гістограму розподілу (рис. 3) і отримати інтерполяційну формулу для оцінки напрацювання на відмову підсистем ГМП. Розрахунок коефіцієнтів регресії за результатами досліджень методом планування експерименту (див. табл. 1) полягає в наступному:

$$\boldsymbol{b_0} = \frac{1500+1137{,}5+688+325{,}5+1224{,}5+862+412{,}5+50}{8} = \frac{6200}{8} = 775;$$

$$\boldsymbol{b_1} = \frac{-1500+1137{,}5-688+325{,}5-1224{,}5+862-412{,}5+50}{8} = \frac{-1450}{8} = -181{,}25;$$

$$\boldsymbol{b_2} = \frac{-1500-1137{,}5+688+325{,}5-1224{,}5-862+412{,}5+50}{8} = \frac{-3248}{8} = -406;$$

$$\boldsymbol{b_3} = \frac{-1500-1137{,}5-688-325{,}5+1224{,}5+862+412{,}5+50}{8} = \frac{-1102}{8} = -137{,}75.$$

Тоді

$$\boldsymbol{T} = \boldsymbol{b_0} + \boldsymbol{b_1 X_1} + \boldsymbol{b_2 X_2} + \boldsymbol{b_3 X_3} = 775 - 181{,}25\boldsymbol{X_1} - 406\boldsymbol{X_2} - 137{,}75\boldsymbol{X_3}. \qquad (3)$$

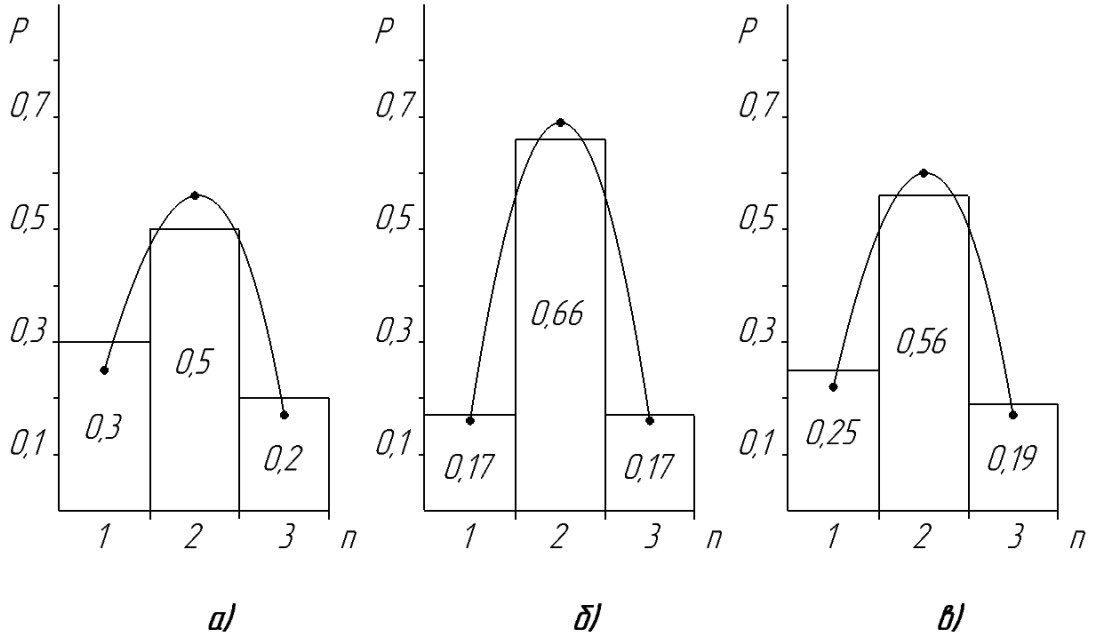


Рис. 3. **Гістограми та криві розподілу ймовірностей відмов складових підсистем ГМП автонавантажувачів 4085 і 4038 після конструктивного вдосконалення механічного редуктора:**
***а*) для ГМП 27.17; *б*) для ГМП 4038; *в*) сумарна**

Теоретичним законом розподілу випадкової величини є аналітична залежність між числовими значеннями випадкових величин $\boldsymbol{x}$ і густиною ймовірностей $\boldsymbol{f(x)}$. Під час дослідження

безвідмовної роботи деталей і підсистем найчастіше використовується нормальний закон розподілу [6]:

$$b_i = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

де $a = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i$, n – кількість інтервалів – математичне сподівання випадкової величини;

$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - a)^2 p_i$ – дисперсія випадкової величини.

Розрахуємо густину нормального закону розподілу для складових підсистем автонавантажувачів:

– для ГМП 27.175:

$$a = 0{,}3\, n_1 + 0{,}5\, n_2 + 0{,}2\, n_3 = 0{,}3 \cdot 1 + 0{,}5 \cdot 2 + 0{,}2 \cdot 3 = 0{,}3 + 1 + 0{,}6 = 1{,}9;$$

$$\sigma^2 = (1 - 1{,}9)^2 \cdot 0{,}3 + (2 - 1{,}9)^2 \cdot 0{,}5 + (3 - 1{,}9)^2 \cdot 0{,}2 =$$

$$= 0{,}81 \cdot 0{,}3 + 0{,}01 \cdot 0{,}5 + 1{,}21 \cdot 0{,}2 = 0{,}243 + 0{,}005 + 0{,}242 = 0{,}49;$$

$$f(n) = \frac{1}{0{,}7 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(n-a)^2}{0{,}98}} = 0{,}57 \cdot e^{\frac{-(n-a)^2}{0{,}98}},$$

де для $n_1 = 1$: $f(n) = 0{,}57 \cdot e^{\frac{-(1-1{,}9)^2}{0{,}98}} = 0{,}57 \cdot 0{,}438 = 0{,}25;$

для $n_2 = 2$: $f(n) = 0{,}57 \cdot e^{\frac{-(2-1{,}9)^2}{0{,}98}} = 0{,}57 \cdot 0{,}99 = 0{,}56;$

для $n_3 = 3$: $f(n) = 0{,}57 \cdot e^{\frac{-(3-1{,}9)^2}{0{,}98}} = 0{,}57 \cdot 0{,}29 = 0{,}17;$

– для ГМП 4038:

$$a = 0{,}17 \cdot 1 + 0{,}66 \cdot 2 + 0{,}17 \cdot 3 = 0{,}17 + 1{,}32 + 0{,}51 = 2;$$

$$\sigma^2 = (1 - 2)^2 \cdot 0{,}17 + (2 - 2)^2 \cdot 0{,}66 + (3 - 2)^2 \cdot 0{,}17 = 0{,}17 + 0 + 0{,}17 = 0{,}34;$$

$$f(n) = \frac{1}{0{,}58 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(n-a)^2}{0{,}68}} = 0{,}69 \cdot e^{\frac{-(n-a)^2}{0{,}68}},$$

де для $n_1 = 1$: $f(n) = 0{,}69 \cdot e^{\frac{-1}{0{,}68}} = 0{,}69 \cdot 0{,}23 = 0{,}16;$

для $n_2 = 2$: $f(n) = 0{,}69 \cdot e^{-0} = 0{,}69;$

для $n_3 = 3$: $f(n) = 0{,}69 \cdot e^{\frac{-1}{0{,}68}} = 0{,}69 \cdot 0{,}23 = 0{,}16;$

– для ГМП 27.175 + ГМП 4038:

$$a = 0{,}25 \cdot 1 + 0{,}56 \cdot 2 + 0{,}19 \cdot 3 = 0{,}25 + 1{,}12 + 0{,}57 = 1{,}94;$$

$$\sigma^2 = (1 - 1{,}94)^2 \cdot 0{,}25 + (2 - 1{,}94)^2 \cdot 0{,}56 + (3 - 1{,}94)^2 \cdot 0{,}19 = 0{,}436;$$

$$f(n) = \frac{1}{0{,}66 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(n-a)^2}{0{,}872}} = 0{,}605 \cdot e^{\frac{-(n-a)^2}{0{,}872}},$$

де для $n_1 = 1$: $f(n) = 0{,}605 \cdot e^{\frac{-(1-1{,}94)^2}{0{,}872}} = 0{,}605 \cdot 0{,}363 = 0{,}22;$

для $n_2 = 2$: $f(n) = 0{,}605 \cdot e^{\frac{-(2-1{,}94)^2}{0{,}872}} = 0{,}605 \cdot 0{,}996 = 0{,}60;$

для $n_3 = 3$: $f(n) = 0{,}605 \cdot e^{\frac{-(3-1{,}94)^2}{0{,}872}} = 0{,}605 \cdot 0{,}276 = 0{,}17.$

Густини ймовірностей нормального закону розподілу подано на рис. 3.

Інтенсивність відмов підсистем ГМП автонавантажувачів у процесі нормальної експлуатації описується експоненціальним законом [7]. Тому ймовірність їх безвідмовної роботи протягом року (1500 год.) можна визначити:

$$P_t = e^{\frac{-1500}{T}}, \quad (5)$$

де P_t – напрацювання систем ГМП на відмову, год.

Використовуючи інтерполяційні формули (2) і (3), за якими можна визначити напрацювання на відмову підсистем ГМП, за формулою (5) визначаємо ймовірність їх безвідмовної роботи.

© Г.С. Гудз, М.М. Борис, М.М. Остащук

Напрацювання на відмову підсистем ГМП до вдосконалення для:

– механічного редуктора $P_t = e^{\frac{-1500}{688}} = 0{,}113;$

– системи керування $P_t = e^{\frac{-1500}{1021{,}5}} = 0{,}23;$

– системи охолодження $P_t = e^{\frac{-1500}{1340{,}5}} = 0{,}327.$

Напрацювання на відмову підсистем ГМП після вдосконалення:

– механічного редуктора $P_t = e^{\frac{-1500}{1137{,}5}} = 0{,}267;$

– системи керування $P_t = e^{\frac{-1500}{688}} = 0{,}113;$

– системи охолодження $P_t = e^{\frac{-1500}{1224{,}5}} = 0{,}293.$

Розраховані значення напрацювань на відмову підсистем ГМП подано у табл. 2.

Таблиця 2

Ймовірність безвідмовної роботи підсистем ГМП

Підсистеми ГМП	Ймовірність безвідмовної роботи Р,	
	до вдосконалення	після вдосконалення
Механічний редуктор	0,113	0,268
Система управління	0,230	0,113
Система охолодження	0,327	0,293

Аналіз даних, поданих у табл. 2, дозволяє оцінити ефективність конструктивних заходів з вдосконалення ГМП і виявити напрямки їх подальшого вдосконалення з метою підвищення надійності автонавантажувачів.

Висновки. На підставі спостережень побудовано гістограми розподілу ймовірності відмов складових підсистем ГМП автонавантажувачів та отримано інтерполяційні формули для їх кількісної оцінки до й після вдосконалення пакету фрикціонів ГМП.

Література

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 75 с.

2. Волошанский В.В., Крокос Е.Л. Оценка работоспособности сцеплений по энергоемкости // Автомобильная промышленность, 1980, №4. – С. 24-28.

3. Гудз Г.С. Температурные режимы фрикционных узлов автотранспортных средств / Г.С. Гудз: Монография. Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 139 с.

4. Гудз Г.С. Системний аналіз конструкцій ГМП автонавантажувачів / Г.С. Гудз, М.В. Глобчак: Матеріали міжн. симп. SAKON-93, Жешув (РП), 1993. – С. 57-61.

5. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов / В.Г. Горский, Ю.П. Адлер. – М.: Металлургия, 1974. – 273 с.

6. Драгомирецька Х.Т. Теорія ймовірності та математична статистика / Х.Т. Драгомирецька, О.М. Рибинська та ін. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 396 с.

7. Говорущенко Н.Я. Оценка надежности автопогрузчиков при испытаниях / Н.Я. Говорущенко, Н.И. Новицкий // Автодорожник Украины, 1973, №1. – С. 27-28.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2016

© Г.С. Гудз, М.М. Борис, М.М. Остащук

УДК 629.113.001

О.І. Гула
Національний університет "Львівська політехніка"

ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ГІБРИДНОГО СИЛОВОГО ПРИВОДУ МІСЬКОГО АВТОБУСА

На базі типових режимів руху міських автобусів (типового їздового тесту) представлена методика параметричної оптимізації гібридного рекуперативного приводу послідовної схеми, що дозволяє визначити найбільш раціональні, з умов паливної економічності і забезпечення тягово-швидкісних характеристик руху значення потужності системи "двигун-генератор" та ємність накопичувачів енергії для різних за масо-габаритними класами автобусів.

Ключові слова: *гібридний автобус, послідовна схема, накопичувачі енергії, типовий їздовий тест.*

О.И.Гула
Национальный университет «Львовская политехника»

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГИБРИДНОГО СИЛОВОГО ПРИВОДА ГОРОДСКОГО АВТОБУСА

На базе типовых режимов движения городских автобусов (типичного ездового теста) представлена методика параметрической оптимизации гибридного рекуперативного привода последовательной схемы, позволяющей определить наиболее рациональные, исходя из условий топливной экономичности и обеспечения тягово-скоростных характеристик движения значения мощности системы "двигатель-генератор" и емкость накопителей энергии для различных по массо-габаритными классами автобусов.

Ключевые слова: *гибридный автобус, последовательная схема, накопители энергии, типичный ездовой тест.*

O. Hula
National University "Lviv Polytechnic"

O. HULA. PARAMETRIC OPTIMIZATION OF HYBRID CITY BUS DRIVETRAIN

Based on typical modes of motion bus (typical driving test) introduced the technique of parametric optimization of hybrid serial regenerative drivetrain to determine the most rational, in terms of fuel economy and providing traction and speed characteristics of movement power value of "motor-generator" and the capacity of energy storage for different classes of buses.

Keywords: *hybrid bus, a series hzbrid, energy storage, typical driving test*

Постановка проблеми. З огляду на постійне зростання вимог щодо викиду шкідливих речовин в атмосферу потреба ринку в екологічно чистих автобусах постійно зростатиме. На даний момент більш екологічно чистою альтернативою традиційним дизельним чи газовим автобусам є автобуси з гібридною силовою установкою [1].

Гібридні автобуси за компонувальною схемою поділяються на автобуси з послідовною схемою приводу та паралельною [2]. В даному дослідженні була обрана послідовна схема силового приводу. Перевагою даної схеми є простіша конструкція трансмісії (відсутність коробки передач, планетарного редуктора паралельної схем), значно ширші можливості компоновки, оскільки при даній схемі відсутній жорсткий зв'язок між двигуном внутрішнього згоряння та ведучим мостом, а також суттєве зменшення викидів відпрацьованих газів у зв'язку з тим, що двигун працює в стаціонарному режимі.

Головною проблемою при формуванні гібридного силового приводу є вибір потужності двигуна внутрішнього згоряння, тягового електродвигуна та ємності накопичувачів енергії [2]. На даний момент відсутня методика вибору оптимальних параметрів цих компонентів силового приводу, вони обираються виходячи з досвіду проектування класичних дизельних автобусів.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення найбільш раціональних, з умов паливної економічності і забезпечення тягово-швидкісних характеристик руху значення потужності системи "двигун-генератор" та ємність накопичувачів енергії для різних за масо-габаритними характеристиками класів автобусів.

Результати досліджень. Вибір оптимальних значень вищезгаданих параметрів компонентів силового приводу здійснюється шляхом комп'ютерного моделювання руху автобуса з гібридним рекуперативним приводом [3] у типовому їздовому тесті [4].

Шляхом компютерного моделювання було визначено енергії для різних класів автобусів при русі згідно типового тесту [4]. На рис.1 представлено затрати енергії для автобуса повною массою

© О.І. Гула

24 т. Виходячи із сумарних затрат енергії для виконання даного тесту визначається потужність, яку має забезпечити дизельний двигун-генератор для поповнення заряду накопичувачів енергії за час проходження усіх циклів їздового тесту (враховуючи сумарний ккд приводу приймаємо потужність двигуна із запасом 20%). Сумарні затрати енергії в циклі визначаємо з врахуванням рекуперації енергії при гальмуванні. При визначенні сумарних затрат енергії враховувалась кількость повторень типових циклів у складі повного циклу (рис.1). Досвід експлуатації українських тролейбусів на міському маршруті свідчить, що реальний показник ефективності рекуперації становить 25-30%. Реальна потужність двигуна обирається з врахуванням затрат енергії на привід додаткового обладнання, а також роботи двигуна у зоні мінімальної витрати палива. Враховуючи швидкісну характеристику дизеля згідно даних провідних виробників (Deutz, Mercedes-Benz, Cummins, Iveco) дана зона в межах частоти обертання 1300-1700 $хв^{-1}$ в залежності від двигуна і 65-80% від максимальної паливоподачі.

Вибір потужності тягового електродвигуна здійснюється виходячи із необхідності забезпечення розгону автобуса з типовою інтенсивністю пришвидшення під час руху в міських умовах. При розрахунку приймаємо, що ККД тягового двигуна становить 90-95%. Щодо розгону автобуса з максимальною динамічністю, то згідно результатів розрахунку необхідна номінальна потужність тягового електродвигуна є на 25-30% меншою, ніж потужність дизеля для автобуса аналогічного класу, проте завдяки кращій характеристиці крутного моменту електродвигуна, максимальне значення якого досягається одразу при рушанні з місця, та відсутності втрат розриву силового потоку при перемиканні передач суттєвого впливу на час розгону гібридного автобуса це не має.

В якості накопичувачів енергії для гібридного автобуса за послідовною схемою пріорітет надано суперконденсаторам. Даний вибір ґрунтується на тому, що для гібридного автобуса необхідна ємність накопичувачів не є надто великою, і блок суперконденсаторів цілком може забезпечити дану ємність, а експлуатаційні показники суперконденсаторів (кількість циклів заряд-розряд, швидкість накопичення та віддачі енергії) є кращими, ніж у найбільш вживаних на даний момент Li-ion батарей. Необхідний запас ємності визначається з умови необхідної кількості енергії для розгону повністю завантаженого автобуса до 60 км/год відповідно до найбільш енергозатратного циклу їздового тесту. Другим критерієм при розрахунку необхідного запасу енергії накопичувачів є різниця енергії, яку споживає тяговий електродвигун та енергії, яку поставляє ДВЗ за час циклу. З врахуванням даної різниці енергій та тривалості циклу визначається кількість енергії, яку може споживати тяговий електродвигун додатково з накопичувачів енергії. При використанні суперконденсаторів в якості накопичувачів енергії при розрахунку приймаємо, що максимальний розряд суперконденсатора не повинен перевищувати 80% від максимального заряду (з врахуванням збереження повного запасу заряду і для граничних умов – розгону з максимальною інтенсивністю повністю завантаженого автобуса і падінні ємності накопичувачів при низькій температурі).

У таблиці 1 наведено отримані значення параметрів основних компонентів гібридного силового приводу згідно результатів комп’ютерного моделювання.

Одержані результати розрахунків оптимальних значень параметрів компонентів гібридного силового приводу досить добре корелюються з розрахунковими даними для інших типових характерних циклів руху для міського автобуса у країнах ЄС та КНР [5,6], а також з даними провідних світових автобусних виробників. Так, до прикладу, енергія накопичувачів знаходиться в приблизно однакових межах з результатами нашого розрахунку. В той же час потужність двигуна на більшості серійних гібридних автобусів є дещо вищою, що обумовлює, наприклад, для автобуса повною масою 18,5 т встановлення 6-циліндрового дизеля, коли є можливість встановлення меншого за об’ємом 4-циліндрового двигуна.

© О.І. Гула

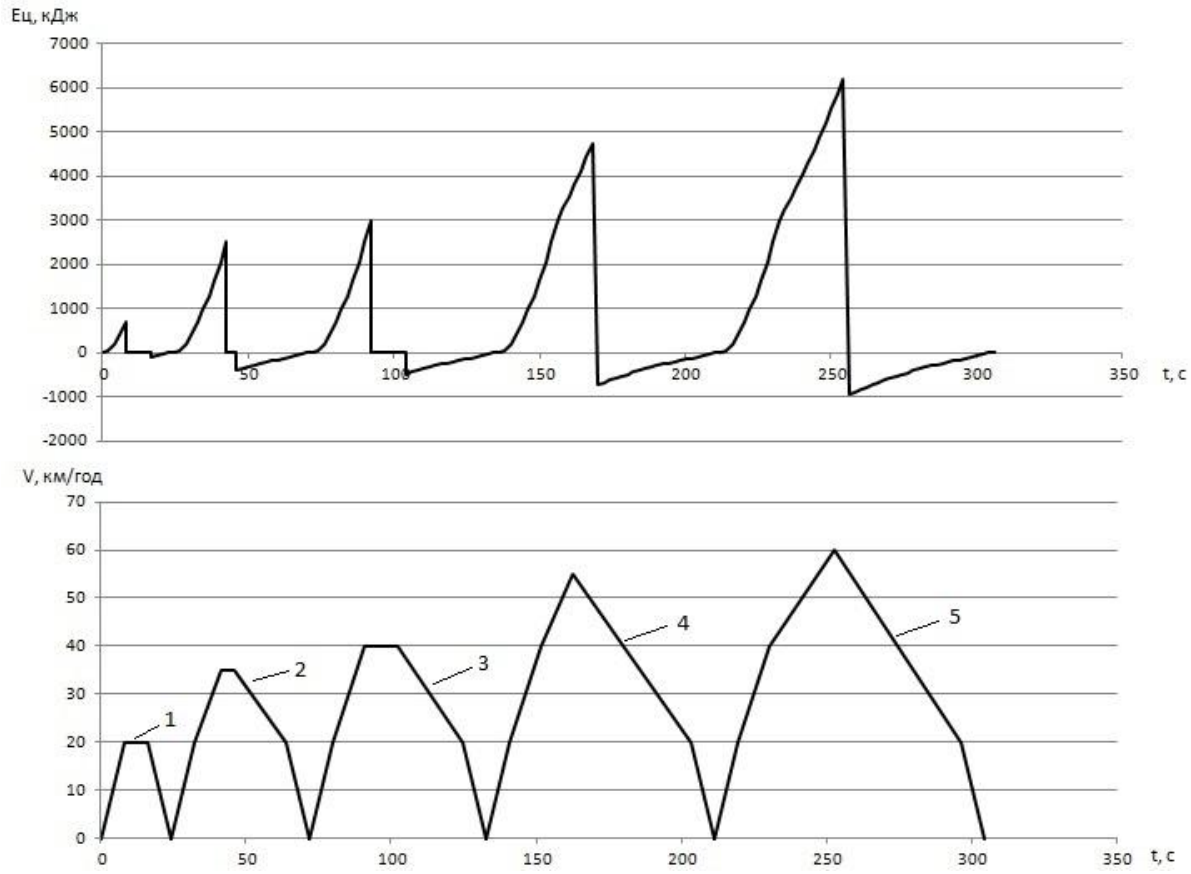


Рис.1. **Типові цикли їздового тесту та відповідні затрати енергії в них для автобуса повною масою 29 т**
1, 2, 3, 4, 5 – типові цикли руху за [4], кратність циклів: 1,5 – по 1 повтору, 2,4 – по 2 повтори, 3 – 4 повтори

Таблиця 1

Раціональні значення параметрів основних компонентів гібридного силового приводу

	5,5 т	8,5 т	10,5 т	18,5 т	29 т
Потужність ДВЗ, кВт	26,6	41,1	50,8	89,4	116
Потужність електромотора, кВт	40,3	62,4	77,8	136	176
Енергія накопичувачів, кВт·год	2,36	3,65	4,51	7,95	12,47

Висновки. Визначено оптимальні, з умов функціонально-вартісного аналізу різних масо-габаритних класів автобусів, значення потужності дизельного двигуна-генератора, тягового електродвигуна, а також необхідна ємність (запас енергії) накопичувачів для міських гібридних автобусів за послідовною схемою приводу для типових умов міського руху в Україні.

Література

1.Rob De Jong. Hybrid electric vehicles. An overview of current technology and its application in developing and transitional countries/Max Ahman, Rogier Jacobs, Elisa Dumitrescu//Printed by the United Nation Environment Programme, Nairobi, Kenya, 2009.- 55 p.

© О.І. Гула

2. Mehrdad Ehsani. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design / Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, Ali Emadi // CRC Press LLC, 2005. — 395 p.

3. Крайник Ю. Л. Моделювання динаміки та енергетики циклічного руху міського автобуса з різними типами приводу/ Гула О. І.// Динаміка, міцність та проектування машин і приладів: Вісник НУ "ЛП". - Львів: 2015. - Випуск 4. - С.177-180.

4. Крайник Ю. Л. Типовість експлуатаційних режимів міських автобусів і формування їздового циклу//Автотехніка.Автобуси, вантажівки.-2007.-№1.-С.50-52.

5. Yajuan Yang. Drive Train Design and Modeling of a Parallel Diesel Hybrid Electric Bus Based on AVL/Cruise/ Han Zhao, Hao Jiang // World Electric Vehicle Journal Vol. 4 - ISSN 2032-6653 - 2010 WEVA.-P.75.

6. Thierry Coosemans. Optimization of Propulsion Systems for Series-Hybrid City Busses through Experimental Analysis/ RicardoBarrero, Jean-Marc Timmermans, Joeri Van Mierlo// World Electric Vehicle Journal Vol. 4 - ISSN 2032-6653 - 2010 WEVA.-P.184.

Стаття надійшла до редакції 19.05.2016

© О.І. Гула

УДК 621.313.333

В.Я. Двадненко
Харьковский национальний автомобильно-дорожный университет

СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В КОНВЕРСИОННОМ ПОДЗАРЯЖАЕМОМ ГИБРИДНОМ АВТОМОБИЛЕ

Предложено схемотехническое решение для разработки простого реверсивного электросчетчика постоянного тока для конверсионного гибридного автомобиля с учетом КПД ТАБ, пригодного для определения остаточного пробега гібридного автомобиля на электроприводе.

***Ключевые слова**: реверсивный электросчетчик , конверсионный гибридный автомобиль, КПД аккумулятора, остаточный пробег.*

В.Я. Двадненко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В КОНВЕРСІЙНИХ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛЯХ ІЗ ПІДЗАРЯДКОЮ

Запропоновано схемотехнічне рішення для розробки простого реверсивного електролічильника постійного струму для конверсійного гібридного автомобіля з урахуванням ККД ТАБ, придатного для визначення залишкового пробігу гібридного автомобіля на електроприводі.

***Ключові слова**: реверсивний електролічильник, конверсійний гібридний автомобіль, ккд акумулятора, залишковий пробіг.*

V. Dvadnenko
Kharkiv National Automobile and Highway University

ELECTRICITY METERS IN THE CONVERSION OF RECHARGE HYBRID VEHICLE

Proposed schematic solution for developing a simple reversing DC electric meter for the conversing hybrid vehicle based on the efficiency of traction battery, is suitable for the determination of remaining mileage hybrid vehicle on the electric drive.

***Keywords**: reversing electric meter, conversion hybrid vehicle battery efficiency, the remaining mileage.*

Постановка проблемы. Конверсия обычного автомобиля в подзаряжаемый гибридный автомобиль (Plug-in Hybrid) дает возможность существенно снизить стоимость километра пробега и уменьшить вредные выбросы [1,2]. Это обусловлено тем, что значительная часть пути обычного автомобиля, а именно, старт с места, набор скорости и движение с малыми скоростями (до 40 км/час), а также движение в заторах, связана с неэкономичными режимами работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и сопровождается повышенным уровнем вредных выбросов. Для осуществления конверсии обычный автомобиль необходимо дополнить тяговым электроприводом. Тогда упомянутую выше часть пути подзаряжаемый гибридный автомобиль может с высокой эффективностью двигаться только на электричестве, в основном за счёт дешевой энергии, взятой из электрической сети при зарядке тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ). На кафедре автомобильной электроники ХНАДУ была проведена конверсия автомобиля «Ланос-пикап», предоставленного по договору Запорожским автомобильным заводом. В подзаряжаемом гибридном автомобиле зарядка ТАБ производится не только от сети, но и при рекуперативном торможении, а также возможна зарядка при движении автомобиля с помощью ДВС. Приборы контроля параметров электропривода конверсионного гибридного автомобиля включат цифровые измерители тока и напряжения ТАБ. С помощью амперметра можно оценить нагрузку электродвигателя, а с помощью вольтметра можно ориентировочно судить о состоянии ТАБ. Однако вольтметр не может показать точное количество электрической энергии находящейся в ТАБ, чтобы водитель мог оценить возможный оставшийся пробег на электроприводе так, как он это делает при оценке пробега на ДВС по указателю уровня бензина. Следовательно, необходим счетчик расхода и прихода электроэнергии. В святи с этим **целью работы** является разработка простого реверсивного электросчетчика постоянного тока для конверсионного гибридного автомобиля с учетом КПД ТАБ, пригодного для определения остаточного пробега на электроприводе.

© В.Я. Двадненко

Результат разработки. Для создания счетчика электроэнергии гибридного автомобиля необходимо вычислять интеграл по времени от мгновенной электрической мощности на требуемом отрезке. Если имеем временной отрезок $t \in [t_1, t_2]$ то такой интеграл имеет вид:

$$\Delta W_{\text{ТАБ}} = \int_{t_1}^{t_2} (I_{\text{я}} + I_{\text{в}} + I_{\text{з}12}) U dt$$

где $\Delta W_{\text{ТАБ}}$ – расход электрической энергии за время от момента t_1 до момента t_2, $I_{\text{я}}$ – ток якоря тягового электродвигателя, $I_{\text{в}}$ – ток потребляемый от ТАБ преобразователем, который питает обмотку возбуждения тягового электродвигателя, $I_{\text{з}12}$ – ток потребляемый от ТАБ преобразователем подзарядки аккумулятора на12В. Последние два слагаемых в скобках всегда положительны, а ток якоря может быть как положительным в тяговом режиме, так и отрицательным в режиме рекуперации. Соответственно расход электроэнергии тоже может быть и положительным (разряд) и отрицательным (заряд). Этот знак необходимо учитывать при подсчете расхода электроэнергии ТАБ. Для построения счетчика было принято решение использовать специализированный микроконтроллер ADE 7755, предназначенный для построения сетевых счетчиков электроэнергии [3].

Схема счетчика электроэнергии в ТАБ приведена на рис. 1. На схеме использовано обозначение БПМЧ – блок преобразователя мощность-частота. Схема преобразователя мощность-частота приведена на рис.2. Он выполнен на микроконтроллере ADE7755 который из стандартной схемы включения переведен в режим измерения мощности постоянного тока путем отключения входного фильтра, для чего вывод 2 соединен с корпусом (рис.2). Кроме того, для подсчета как израсходованной так и возвращаемой при рекуперации в ТАБ энергии на микроконтроллере PIC16F628A собран реверсивный счетчик импульсов с выводом результата на четырехразрядный динамический семисегментный индикатор (рис.1).

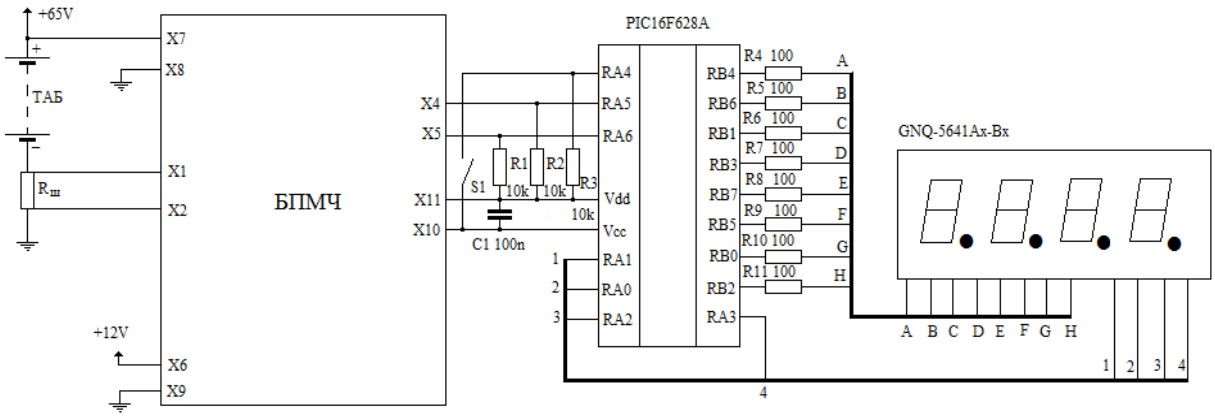


Рис. 1. **Схема счетчика электроэнергии в ТАБ**

Вход порта RA5 суммирует импульсы БПМЧ со знаком плюс, а вход порта RA6 суммирует импульсы БПМЧ со знаком минус. Переключение входов осуществляют ключи на транзисторах Q2 – Q4 (рис.3). Для того, чтобы учесть КПД ТАБ, необходимо для рекуперативной энергии ввести коэффициент меньше единицы. Введение такого коэффициента производится с помощью ключа Q1и резистора R11 сопротивление которого подбирается для учета КПД применяемого типа ТАБ. С их помощью на время рекуперации увеличивается коэффициент деления делителя напряжения на вход V2P, V2N микроконтроллера ADE7755. После полного заряда ТАБ во избежание накопления ошибок необходимо сбросить реверсивный счетчик в ноль с помощью нажатия кнопки S1 (рис. 1). Счетчик калибруется так, чтобы показывать израсходованные ватт-часы. Тогда, зная емкость батареи, водитель может ориентироваться о том, сколько энергии осталось в ТАБ. Можно также откалибровать счетчик на величину процентов заряда ТАБ, тогда достаточно будет двухразрядного индикатора.

© В.Я. Двадненко

Показания счетчика сохраняются до момента сброса независимо от наличия питания. Ориентировочно о заряде батареи также можно судить по показаниям вольтметра. По показаниям амперметра можно судить о нагрузке тягового электродвигателя.

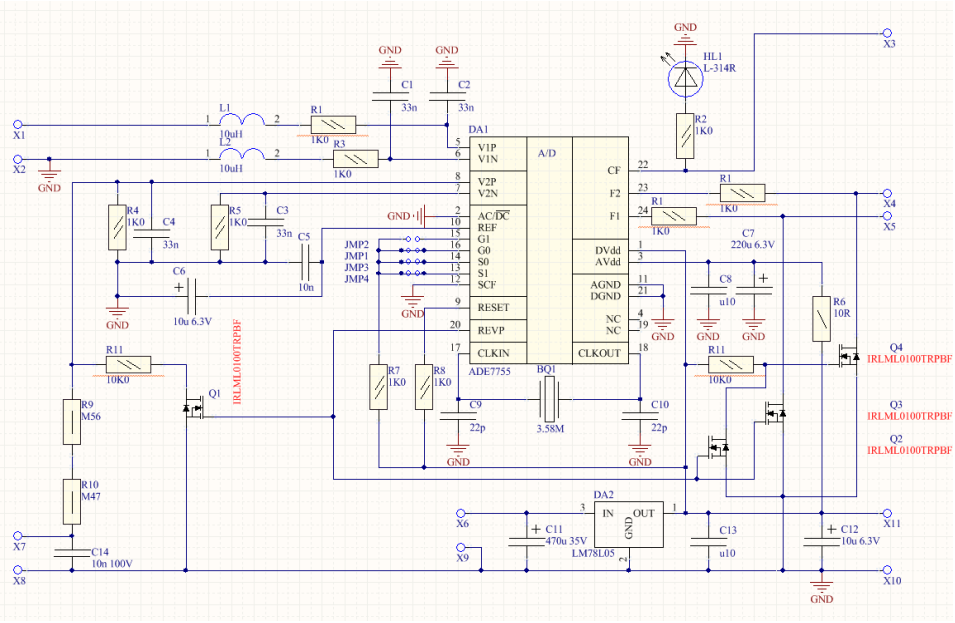


Рис.2. **Схема преобразователя мощность-частота**

На рис.3 показано расположение дополнительных измерительных приборов в конверсионном гибридном автомобиле под нишей для радиоприемника, а именно слева направо: амперметр, вольтметр и счетчик электроэнергии.



Рис.3. **Расположение дополнительных измерительных приборов в конверсионном гибридном автомобиле**

Выводы. Разработанный счетчик электрической энергии для конверсионного гибридного автомобиля позволяет производить учет расходуемой и поступающей в ТАБ электроэнергии с точностью достаточной, чтобы водитель мог судить о запасе электроэнергии так же, как он оценивает запас оставшегося бензина.

Литература

1. Конверсія легкового автомобіля в гібридний. / [Бажинов О.В., Двадненко В.Я., Хакім М.], монография. – Харків: ХНАДУ, 2014. – 200 с.

2. Бажинов А.В., Двадненко В.Я., Сериков С.А. Экспериментальное исследование бензинового автомобиля конвертированного в гибридный //Вестник ХНАДУ. – 2014 – Выпуск 67 - С. 63 -68.

3. ИС счетчика электроэнергии с импульсным выходом. Электронный ресурс. http://www.analog.com/media/ru/technical-documentation/data-sheets/ade7755_ru.pdf

Стаття надійшла до редакції 17.03.2016

© *В.Я. Двадненко*

УДК 629.113

В.Л. Деркач
Луцький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПІДІГРІВУ ДВИГУНА

Пропонується використання уточненої математичної моделі руху автомобіля за міськими режимами руху з подальшим введенням коефіцієнтів для отримання значень по паливній економічності та екологічних показниках.

Ключові слова: *тепловий стан двигуна, паливна економічність, математична модель, автомобіль.*

В. Л. Деркач
Луцкий национальный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Предлагается использование уточненной математической модели движения автомобиля по городским режимам движения с последующим введением коэфициентов для получения значений по топливной экономичности и экологических показателях.

Ключевые слова: *тепловое состояние двигателя, топливная экономичность, математическая модель, автомобиль.*

V. Derkach
Lutsk National Technical University

MATHEMATICAL MODELING OF WHEELED VEHICLES PROCESS WITH THE USING OF A CAR ENGINE PREHEATING

Proposed using refined mathematical model of car traffic for the city driving model, followed by the introduction of the receiving the meaning of the values of fuel economy and environmental indicator.

Keywords: *thermal condition of the engine, fuel economy, mathematical model car.*

Постановка проблеми. Тепловий стан має великий вплив на роботу двигуна автомобіля. Залежно від температурного режиму змінюється його потужність, економічні та екологічні показники. При максимально низьких температурах найбільш проблемним є перший пуск двигуна. Причиною цього є згущення мастила у циліндро - поршневій групі. Відповідно для роботи двигуна необхідна збагачена суміш, вищі оберти і більший крутний момент для прокручування колінчастого валу. Витрата палива при такій роботі значно зростає. Також вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах збільшується в десятки разів [1] .

Для вирішення проблеми холодного пуску, витрати палива, екологічних показників та зниження потужності пропонується використання передпускового підігріву двигуна автомобіля. Процеси, які проходять в транспортних засобах з урахуванням робочої температури та із застосуванням передпускового підігріву є достатньо досліджені [2, 3, 4, 5] Ці процеси досліджували науковці різних шкіл в різних країнах. Такі країни як Швеція, Норвегія, Канада, Росія займають передові місця з використання та розвитку систем передпускового підігріву

З урахуванням суттєвого зростання вартості моторних палив виникає необхідність покращення паливної економічності колісно транспортних засобів в умовах помірних кліматичних зон, до яких відноситься і Україна. Використання математичної моделі досліджено та підтверджено багатьма роботами [6] Тому пропонується уточнена на основі експериментальних досліджень математична модель руху колісних транспортних засобів при різних теплових станах двигуна автомобіля. Процес математичного моделювання складається з частин циклу, які задані таблицею та графіком (ГОСТ 20306). Для можливості порівняння паливної економічності автомобіля при різних теплових станах двигуна застосовується міський випробувальний цикл R83 [7]. Моделювання виконується згідно різних відсотках відкриття дроселя, експериментальних даних розгону, вибігу на передачах, обертах за різними температурними станами двигуна. Для цього попередньо були проведені лабораторні та експериментальні випробування автомобіля Mitsubishi Lancer 9 1.6 MT Comfort. Заміри отримувались за допомогою бортового комп'ютера Multitronics TC-750 [8]. В прогрітому стані двигун має стабільні показники тягової динаміки та

© В.Л. Деркач

паливної економічності. При мінусових температурах витрата палива збільшується, потужність зменшується.

Метою дослідження є використання уточненої математичної моделі для виконання розрахунків при різних теплових станах двигуна. Використовуючи введені коефіцієнти провести уточнені розрахунки витрати палива. Також розробити рекомендації щодо вибору раціонального способу прогріву двигуна автомобіля в експлуатаційних умовах.

Результати дослідження. Було визначено залежності температури двигуна від часу прогріву стартуючи з холодного стану. Дані заміри отримані при роботі двигуна на холостому ходу. Міський випробувальний цикл складається з режимів стоянки, розгону, руху зі сталою швидкістю, сповільнення. Так як стоянка займає близько 30% їздового циклу, отримані значення дають змогу змоделювати цей процес. Введений коефіцієнт є змінний та дає змогу при різних температурних станах визначати витрату палива. Представлена формула (1) використовується в роботі[5]. Проте дана формула не завжди може бути зручною для опису витрати палива.

Годинна витрата палива визначається за залежністю:

$$G_{ПХХ} = (120 \cdot \eta_{vxx} \cdot \rho_{пов} \cdot V_{ДВ} \cdot n_{xx\,\min}) / 1000 \cdot \tau \cdot l_0 \cdot \alpha) \cdot K_G(t_0); \quad (1)$$

де η_{VXX}- коефіцієнт наповнення циліндрів в режимі холостого ходу;

$\rho_{ПОВ}$ - густина повітря, при нормальних атмосферних умовах;

$V_{ДВ}$ - робочий об'єм двигуна;

n_{xxmin} – мінімальна частота обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу;

τ - тактність двигуна;

l_0 - теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива;

α - коефіцієнт надміру повітря в режимі холостого ходу;

$K_G(t_0)$ - коефіцієнт, що враховує вплив охолоджуючої рідини на витрату палива в режимі холостого ходу двигуна.

Дана формула має елементи, які не завжди легко отримати і практично застосовувати під час досліджень та математичного моделювання робочих процесів в автомобілі. В результаті опрацювання отриманих даних введений температурний коефіцієнт $K1(t)$. Даний коефіцієнт дає можливість більш точно розраховувати значення годинної витрати палива з урахуванням зміни температури двигуна під час прогріву.

Пропонується формула (2) з коефіцієнтом *K1(t),* який враховує вплив температурного стану двигуна на витрату палива:

$$G_{xx\,хол} = G_{xx\,прогр} \cdot K1; \quad (2)$$

де $G_{xx\,прогр}$- годинна витрата палива повністю прогрітого двигуна.

Під час проведення експерименту було визначено параметри під час прогріву двигуна. Результати замірів представлені на рисунку 1. Потім була визначена залежність зміни витрати палива на холостому ходу під час прогріву двигуна і визначена поліноміальна залежність коефіцієнту *K1(t)* впливу температурного стану двигуна на витрату палива (рис. 2).

У формулі (3) поліном третьої степені з достатньою точністю (R^2=0.97) описує залежність коефіцієнта від температури двигуна:

$$K1(t) = -3E-05 \cdot t_{дв}^3 + 0,004 \cdot t_{дв}^2 - 0,206 \cdot t_{дв} + 5,66; \quad (3)$$

© В.Л. Деркач

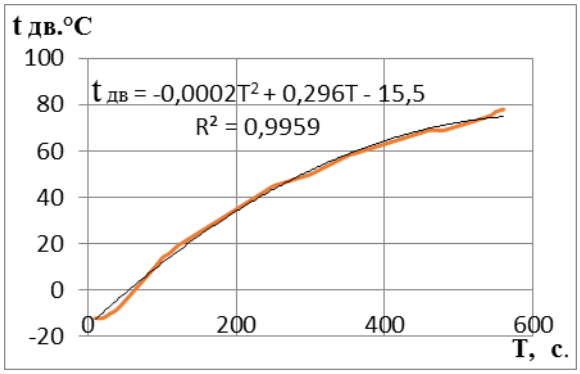


Рис. 1. **Зміна температури двигуна від часу коефіцієнта прогріву**

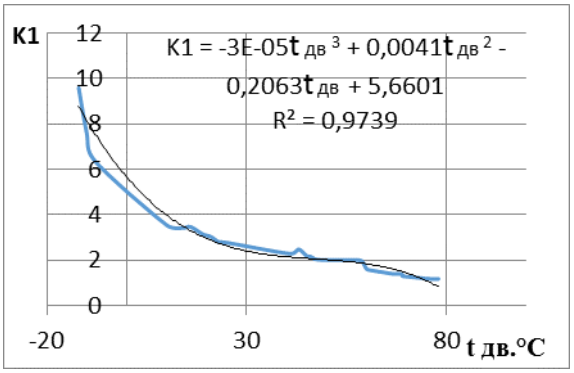


Рис. 2. **Зміна значення введеного від температури двигуна**

Виведені залежності (2), (3) можуть значно спростити процес визначення коефіцієнту *K1(t),* який враховує вплив температурного стану двигуна на витрату палива та підвищити точність математичного моделювання прогріву ДВЗ.

Висновок. Проведені експериментальні дослідження та математичні розрахунки показали, що введення коефіцієнта K1 при розрахунку математичної моделі дає можливість більш точно виконувати розрахунки по паливній економічності. В залежності від теплового стану двигуна можна розрахувати миттєву витрату палива в момент прогріву двигуна автомобіля. Моделювання роботи двигуна є важливим з урахуванням цих досліджень. Пропонується проведення моделювання повного їздового циклу з введенням коефіцієнтів. Отримані результати підтверджують дані попередньо проведених експериментів та можуть бути корисні при визначенні витрати палива автомобіля.

Література

1. 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.

2. Грицук І. В. Особливості визначення часу прогріву охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання, оснащеного системою регулювання температури / І. В. Грицук, А. М. Гущін, Ю. В. Прилепський, З. І. Краснокутська, Д. С. Адров// Збірник наук. праць ДонІЗТ, 2010 – Випуск №24., с131-143.

3. Бакуревич Ю.Л., Толкачев С.С. Зимняя эксплуатация автомобилей / Ю. Л. Бакуревич, С.С. Толкачев //. М.: Транспорт, 1964. - 102 с.

4. Гаврилов А.К.Быстрый пуск холодных двигателей /А. К. Гаврилов// Автомобильный транспорт. 1986, № 2. - С. 18-19.

5. Симоненко Р. В. “Покращення паливної економічності і екологічних показників автомобілів шляхом раціонального прогріву їх двигунів“, Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Київ-2004.

6. Гутаревич Ю. Ф. Математическая модель системы водитель – автомобиль с бензиновым двигателем – дорога для исследования влияния эксплуатационных факторов на расход топлива и загрязнения окружающей среды автомобилями. / КАДИ. – Киев, 1986, -22 с. – Рус. – Деп.в. УкрНИИНТИ (ГМТБ Украины).

7. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно викидів забруднюючих речовин залежно від палива, необхідного для двигунів (Правила ЄЕК ООН № 83-02АВС:1993, IDT) – Женева.: Европейская Экономическая комиссия Организации Объединенных наций, 2011. – 83 с.

8.Сітовський О . П . Застосування бортового комп’ютера Multitronics VG1031GPL для дослідження експлуатаційних властивостей автомобіля / О . П . Сітовський // Автомобильный транспорт : сборник научных трудов . – Харьков: ХНАДУ , 2011.– Вып. 29. – С . 173 – 175.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2016

© В.Л. Деркач

УДК 658.7

В.О. Дзюра
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОБГРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ НА МІСЬКИХ ВУЛИЦЯХ І ДОРОГАХ

Обґрунтовано необхідність зменшення максимальної швидкості руху в межах населених пунктів до 50 км/год. Наведено досвід розвинутих країн світу у вирішенні питання зменшення кількості ДТП при аварійному гальмуванні транспортних засобів, що рухаються в потоці в межах населених пунктів. Обґрунтовано використання технічних засобів для аварійного зменшення швидкості руху (аварійного гальмування) та підвищення загальної безпеки руху.

Ключові слова: *транспортний засіб, аварійне гальмування, безпека руху, швидкість, обмеження*

В.О. Дзюра
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ И ДОРОГАХ

Обоснована необходимость уменьшения максимальной скорости движения в пределах населенных пунктов до 50 км/ч . Приведены опыт развитых стран мира в решении вопроса уменьшения количества ДТП при аварийном торможении транспортных средств, движущихся в потоке в пределах населенных пунктов. Обосновано использование технических средств для аварийного снижения скорости движения (аварийного торможения) і повышения общей безопасности движения.

Ключевые слова: *транспортное средство , аварийное торможение , безопасность движения , скорость , ограничения*

V.O. Dzyura
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

RATIONALE SPEED LIMIT MOTION ON CITY STREETS AND ROADS

The necessity to reduce the maximum speed within settlements to 50 km / h. The experience of developed countries in deciding reduce the number of accidents during emergency braking of vehicles moving in the stream within settlements . Grounded use of technology for disaster reduction speed of the (emergency brake) and increase overall safety.

Keywords*: vehicle , emergency braking, traffic safety, speed limits*

Безпека дорожнього руху – це сукупність факторів, що утворюють безпечну дорожню обстановку, в якій не виникає небезпечних ситуацій, що в свою чергу не переходять в ДТП. Головними складовими безпеки дорожнього є безпечна дистанція і безпечна швидкість руху.

За даними ВООЗ у світі кожного року в автомобільних аваріях гине близько 1.3 млн. чол. За кількістю осіб, які загинули в ДТП наша країна має середній показник, а з числа європейських країн, один з найвищих – 13.5 на 100 тис.осіб. Основними причинами травмувань та загибелі людей у ДТП стали перевищення безпечної швидкості руху 26.3% з усієї кількості ДТП.

Однією з найважливіших систем автомобіля, які забезпечують безпеку дорожнього руху є гальмівна система, вона забезпечує і безпечну швидкість руху і безпечну дистанцію.

Зазвичай, при визначенні гальмівних характеристик автомобіля розглядають його рух на вільній дорозі [1], тобто рух поза межами населеного пункту. Особливістю руху транспортних засобів в межах міста є рух в щільному транспортному потоці. Недостатня надійність гальмівної системи є причиною зменшення такої важливої характеристики автомобільної дороги як пропускна здатність. Це пояснюється тим, що найпростішим методом підвищення безпеки руху під час гальмування є обмеження швидкості руху [1].

В різних країнах максимальна швидкість руху в населених пунктах є різною і коливається від 40 до 90 км/год. Обмеження максимальної швидкості руху транспортних засобів на міських вулицях і дорогах залежить від стану дорожнього покриття, облаштування доріг технічними засобами та багатьох інших факторів.

В Україні згідно з п. 12.4 Правил дорожнього руху, в населених пунктах рух транспортних засобів дозволяється зі швидкістю до 60 км/год. [2].

Дослідження та статистика [3] свідчать, що при зіткненні автомобіля з пішоходом або велосипедистом на швидкості 30 км/год, ймовірність виживання пішохода або велосипедиста складає 95%. При швидкості 50 км/год цей показник становить 20%. При зіткненні на швидкості понад 50 км/год в більшості випадків настає миттєва смерть або особливо тяжкі ушкодження. При

© В.О. Дзюра

ДТП, причиною яких є зіткнення автомобілів, що рухаються в одному потоці, наслідки для учасників ДТП не такі серйозні.

В сучасному місті інтенсивність руху транспортних засобів може досягати значення 1000 авт/год. В таких умовах дистанція між автомобілями зменшується, а аварійне гальмування може призвести до ДТП. При цьому слід також відзначити, що зупинковий шлях залежить і від швидкості реакції, або часу реакції водія, який залежить від його фізіологічного стану і може коливатися від 0,3 до 1,2 с. [4].

У випадку, коли два автомобілі рухаються з дозволеною швидкістю до 60 км/год, перший з них здійснює аварійне гальмування у зв'язку з несподіваною перешкодою, яка виникла попереду. Згідно п. 13.1 Правил дорожнього руху, водієві необхідно триматися від йде попереду транспортного засобу на достатній відстані, яке дозволить йому вчасно загальмувати. Для визначення безпечної відстані між автомобілями під час руху рекомендується брати ціле числове значення швидкості. Наприклад, швидкість автомобіля - 60 км/год. Тому дистанція між ним і переднім транспортним засобом повинна бути дорівнює 60 метрів. [5].

Таблиця 1

Довжина гальмівного шляху автомобіля залежно від швидкості та стану дорожнього покриття [5].

Швидкість в момент початку гальмування	Шлях, пройдений автомобілем за час реакції водія (1с), м	Гальмівний шлях залежно від стану дорожнього покриття та сповільнення, м		
		суха	мокра	ожеледиця
		6 м/с^2	4 м/с^2	2 м/с^2
30	8	6,0	9,0	17,0
40	11	11,0	15,0	31,0
50	14	16,0	24,0	48,0
60	17	23,0	35,0	69,0
70	19	31,0	47,0	94,0
80	22	41,0	62,0	123,0
90	25	52,0	78,0	156,0
100	28	64,0	96,0	192,0

Серед європейських країн лише у Франції є загальне обмеження швидкості, що залежать від погодних умов. Через дощ або сніг максимальна швидкість на автомагістралях може бути знижена до 110 км/год (порівняно зі стандартними 130 км/год), а на сільських дорогах – до 80 км/год (порівняно зі стандартним обмеженням 90 км/год). Через туман (коли видимість менше 50 м) обмеження швидкості на всіх типах доріг – 50 км/год.

За даними управління безпеки дорожнього руху в Україні динаміка кількості ДТП, причиною яких є перевищення безпечної швидкості виглядає наступним чином.

Таблиця 2

Статистичні дані щодо кількості ДТП з перевищення безпечної швидкості

Рік	Загальна кількість ДТП за рік	Кількість ДТП з перевищення безпечної швидкості руху
2010	204242	30889
2011	186225	26805
2012	196410	7981
2013	191010	8407
2014	153205	7424
2015	134193	5512

Одним із шляхів зменшення дозволеної швидкості руху є використання пристроїв примусового зниження швидкості транспортних засобів на вулицях і дорогах [6]. Ці пристрої забезпечують примусове зниження швидкості на ділянках міських вулиць і доріг де дозволена максимальна швидкість становить 60 км/год. Їх використання не вимагає значних капіталовкладень та забезпечує зменшення швидкості руху водіями транспортних засобів на

небезпечних ділянках міських вулиць і доріг, зокрема перед нерегульованими пішоходними переходами.

Однак такі технічні засоби не завжди забезпечують зменшення швидкості руху транспортних засобів. Шляхом зменшення максимальної швидкості руху транспортних засобів розвивалась, наприклад, Румунія, де швидкість руху в межах населених пунктів обмежена до 50 км/год, що значно зменшило аварійність на дорогах, кількість ДТП з «важкими» наслідками та кількість летальних випадків травмування учасників дорожнього руху.

Іншим шляхом розвиваються держави Європи та Північної Америки. Оскільки зменшення швидкості руху транспортних засобів на міських дорогах призводить до зменшення їх пропускної здатності, що в свою чергу – до утворення заторів, то для безпечного використання високих швидкостей на міських вулицях автовиробники розробили систему «аварійного гальмування» Emergency Brake Assist, або ж просто EBA [7]. Це електронна система призначена для управління тиском у гідравлічні системі гальм. При необхідності аварійного гальмування і недостатньому при цьому натисканні водія на педаль гальма, система самостійно збільшує тиск у гальмівні магістралі, при чому робить вона це набагато швидше людини. Система EBA працює в парі з системами EBD і ABS. [7]. Ця система зменшує ймовірність наїзду автомобілів, що рухаються в потоці в потоці на 27 % [1]. Тому використання технічних засобів для примусового зниження швидкості при аварійному гальмуванні є обґрунтованим, а доцільність його використання була виявлена ще у 1986 році.

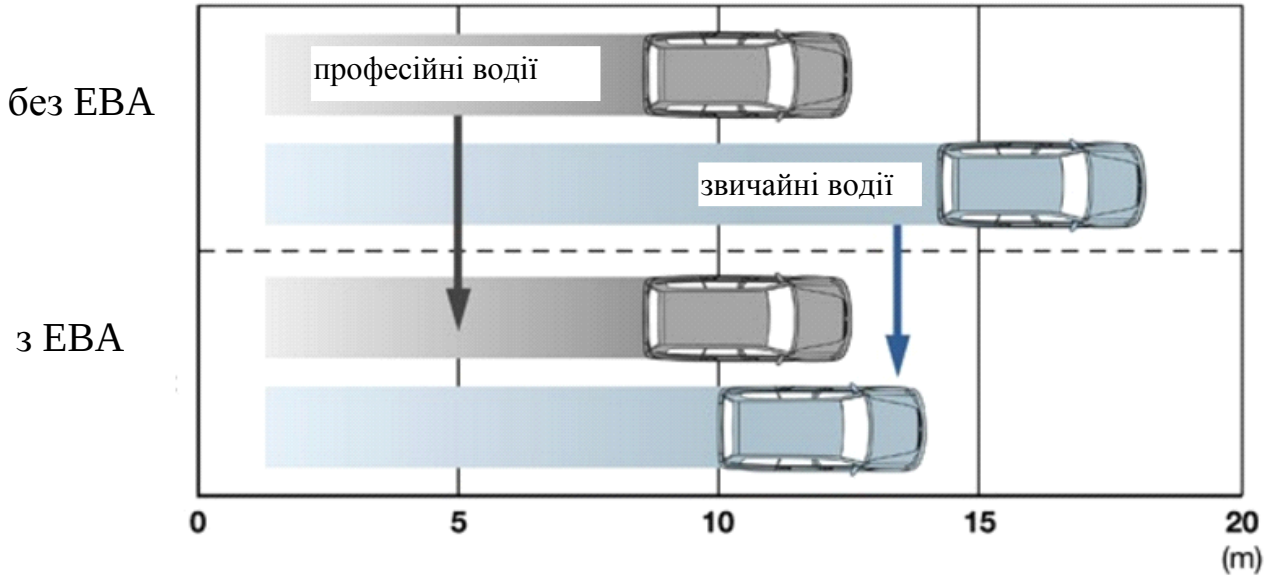


Рис. 1. – **Зміна гальмівного шляху при використанні системи Emergency Brake Assist (EBA) при аварійному гальмуванні на швидкості 50 км/год різними типами водіїв [9]**

Не зважаючи на це в США та Канаді максимальна швидкість руху в населених пунктах обмежена до 50 км/год (30 миль/год), окрім випадків обумовлених іншими дорожніми знаками. Така політика держави в поєднанні з застосуванням систем аварійного гальмування EBA значно зменшує кількість ДТП на дорогах. Однак такими системами обладнують лише нові автомобілі дорогих комплектацій.

За повідомлення асоціації "Укравтопром" відсоток придбаних нових автомобілів в Україні за 2015 рік скоротився на 63%, при цьому ринок демонструє стабільну рецесію. Крім цього лідером ринку серед нових легкових автомобілів проданих в Україні стала китайська марка Geely, яка охопила майже 13% всіх продажів, яка вважається представником бюджетного сегменту автомобілів, які не обладнані системами EBA.

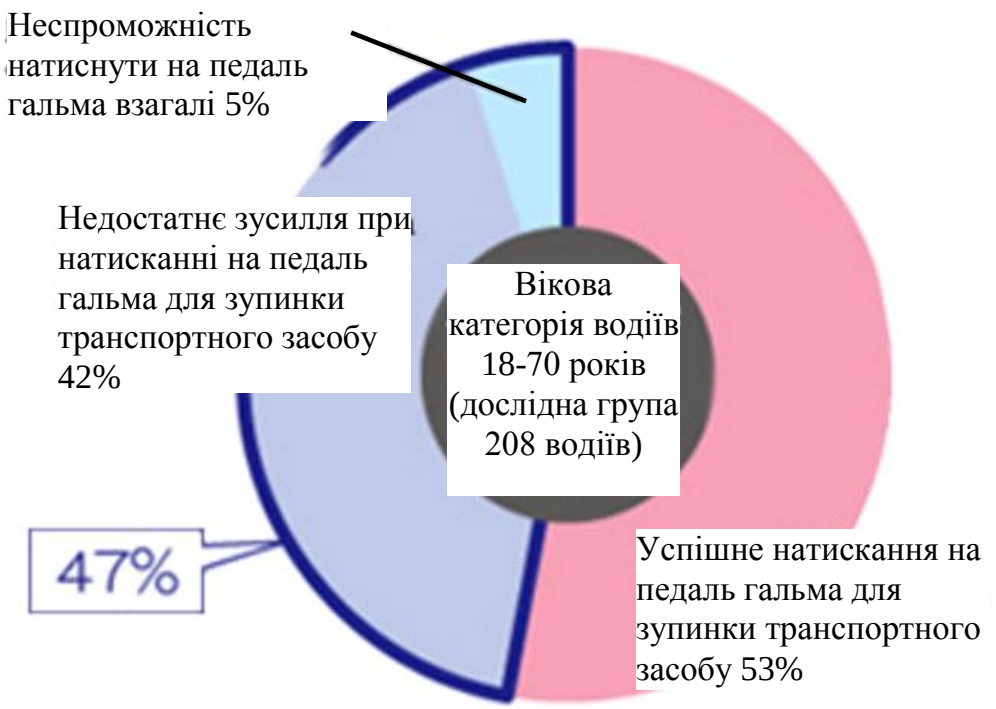


Рис. 2. – **Ситуації , що виникають у випадку аварійного гальмування [9]**

Висновки. На основі проведеного аналізу єдиним правильним вирішенням проблеми зменшення ДТП при аварійному гальмуванні транспортних засобів є зменшення максимальної швидкості руху на міських вулицях і дорогах до 50 км/год без нештрафованого перевищення до 20 км/год.

Література

1. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы “водитель - автомобиль - дорога – среда” / Ротенберг Р.В. — М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.

2. Дерех З.Д. Ілюстровані Правила дорожнього руху України: навч. посібн., 2-е вид., переробл. та доповн. / З.Д. Дерех, Ю.Є. Заворицький. – К. : Андрій, 2016. – 120 с. : іл. (Б.-ка автомобіліста).

3. Сторожук О. Безпечна швидкість руху в місті – до 50 км/год [Електронний ресурс] / О. Сторожук ; 2015 – Режим доступу : http://avk.org.ua/2015/03/bezpechna-shvydkist-ruhu-v-misti-do-50-kmhod.

4. Степанов О. В. Вплив психофізіологічних якостей водія на безпеку дорожнього руху / О. В. Степанов // Механіка та машинобудування. – 2010. – № 1. – С. 190-196.

5. Гальмівний шлях при екстреному гальмуванні автомобіля. Он-лайн журнал «Корисні поради» [Електронний ресурс] / 2015 – Режим доступу : http://поради.pp.ua/avto-poradu/623-galmvniy-shlyah-pri-ekstrenomu-galmuvann-avtomoblya.html.

6. ДСТУ 4123:2006. Пристрій примусового зниження швидкості дорожньо-транспортної техніки на вулицях і дорогах. Загальні технічні вимоги [Текст]. – введ. 2006-07-01. Взамін ДСТУ 4123-2002 – Київ : Держспоживстандарт України ; К. : Изд-во, Відділ науково-технічного редагування та термінології нормативних документів ДП «УкрНДНЦ» 2006. – 9 с.

7. Хильчук В. Електронна система екстреного гальмування (ЕВА). Он-лайн журнал «Авто Світ» [Електронний ресурс] / В. Хильчук ; 2014 – Режим доступу : http://avtosvit.biz/електронна-система-екстреного-гальм.

8. Статистика аварійності в Україні. Управління безпеки дорожнього руху. [Електронний ресурс] / 2015 – Режим доступу : http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/21.htm

9. Brake Assist. Supports unexpected braking in case of emergency. [Електронний ресурс] / 2015 – Режим доступу : http://www.toyota-global.com/innovation/safety_technology/safety_technology/technology_file/active/brake.html

Стаття надійшла до редакції 26.04.2016

© *В.О. Дзюра*

УДК 629.113

Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КАРБЮРАТОРНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОЕТАНОЛУ

На сьогоднішній час дефіцит моторних палив для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) вимагає їх удосконалення з метою зменшення витрати палива при максимальних потужностях двигунів, а також використання поряд із звичайними паливами на нафтовій основі біопалива та різних їх сумішей.

В автомобільних двигунах реакція горіння перетворює енергію нафтового палива в теплоту, а потім в механічну роботу. В результаті реакції горіння утворюються токсичні компоненти. Вони викидаються двигунами в складі відпрацьованих газів. Відпрацьовані гази доповнюються побічними продуктами горіння, які є в паливах нафтового походження або в присадках до енергоносіїв і олив. Частково ця проблема вирішується шляхом використання біопалив, які згорають краще, і в продуктах їхнього згорання міститься менше шкідливих речовин.

В статті пропонуються аналітичні дослідження основних техніко-експлуатаційних показників роботи карбюраторного двигуна ЗМЗ-66 на біоетанолі та його сумішах з бензиновим паливом.

Зроблені висновки та аналіз отриманих результатів можна використати для подальших лабораторних та експлуатаційних досліджень.

Ключові слова: *біопаливо, біоетанольне паливо, суміш, дослідження, ефективна потужність, крутний момент, питома ефективна витрата палива, годинна витрата палива, техніко-експлуатаційні показники, аналітичні розрахунки.*

Т.В. Дикун, Л.И. Гаева, В.В. Зубрицкий
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЭТАНОЛА

На сегодняшнее время дефицит моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) требует их совершенствования с целью уменьшения расхода топлива при максимальных мощностях двигателей, а также использования наряду с обычными топливами на нефтяной основе биотоплива и различных их смесей.

В автомобильных двигателях реакция горения превращает энергию нефтяного топлива в теплоту, а затем в механическую работу. В результате реакции горения образуются токсичные компоненты. Они выбрасываются двигателями в составе отработавших газов. Отработанные газы дополняются побочными продуктами горения, которые есть в топливах нефтяного происхождения или в присадках к энергоносителям и масел. Частично эта проблема решается путем использования биотоплива, которые сгорают лучше, и в продуктах их сгорания содержится меньше вредных веществ.

В статье предлагаются аналитические исследования основных технико-эксплуатационных показателей работы карбюраторного двигателя ЗМЗ-66 на биоэтаноле и его смесях с бензиновым топливом.

Сделанные выводы и анализ полученных результатов можно использовать для дальнейших лабораторных и эксплуатационных исследований.

Ключевые слова*: биотопливо, биоэтанольное топливо, смесь, исследования, эффективная мощность, крутящий момент, удельный эффективный расход топлива, часовой расход топлива, технико-эксплуатационные показатели, аналитические расчеты.*

T.V. Dykun, L.I. Haieva, V.V. Zubrytskyi
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ANALYSIS OF TECHNICAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE INDICATORS OF THE CARBURETTOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES WHEN USING THE BIOETHANOL

Вступ. Швидкі темпи розвитку науки і техніки вимагали від людства винайдення якісного палива, яке належним чином забезпечувало б роботу нових механізмів. Не є секретом, що енергетика України значною мірою залежить від імпортованих енергоносіїв, серед яких особливе місце займають нафта, газ, бензин чи дизельне паливо. Якщо врахувати те, що ці ресурси не відновлюються, а їх природні запаси з року в рік постійно зменшуються, настане час, коли видобуток викопних джерел енергії буде скорочуватись, а ціни в найближчій перспективі інтенсивно зростатимуть. Оскільки запаси нафти є вичерпними то постає проблема заміни нафтового палива на альтернативні, одними з яких є біопалива. На сьогодні розроблено безліч методів зниження витрати палива і забруднення атмосфери викидами автомобільних двигунів.

Аналіз сучасних закордонних та вітчизняних досліджень. Світовими лідерами з використання рідкого біопалива є три країни: Бразилія, США і ЄС. Так із досвіду Європи відомо,

© Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький

що у Франції, віддають перевагу виробництву етанолу із зернових культур, оскільки середні врожаї кукурудзи, пшениці і тритикале переважають 80 ц/га, а також із цукрового буряка, в Німеччині поки що більше орієнтуються на біодизель з ріпаку. Щоб не залежати від імпорту нафти, Бразилія використовує етанол з дешевої цукрової тростини.

Європейський Союз, впроваджуючи біопаливні технології, переслідує відразу кілька цілей: ліквідація залежності від імпорту нафти, запобігання глобальному потеплінню клімату, виконання зобов'язань за Кіотським протоколом щодо викидів діоксиду вуглецю в атмосферу, а також розвиток аграрного сектора.

Провідними країнами з видобутку біоетанолу в ЄС являються Німеччина, Іспанія, Франція, Швеція, Італія, Польща. На вимогу європейського співтовариства до 2020 року 20% вмісту кожного бензобака повинен становити спирт.

Мета статті-встановити переваги та недоліки використання біоетанолу та їх сумішей з бензином, проаналізувати техніко-експлуатаційні показники роботи бензинового двигуна на біоетанолі та їх сумішей з бензиновим паливом.

Основний матеріал. Біопаливо-це паливо, яке отримують, як правило, з біологічної сировини (картоплі, пшениці, топінамбуру, кукурудзи). Можуть також використовуватися целюлоза і різні типи органічних відходів. Біопаливо поділяють на тверде (дрова, солома), рідке (етанол, метанол, біодизель), і газоподібне (біогаз, водень). Для двигунів внутрішнього згорання використовують рідке та газоподібне біопаливо.

Рідке паливо вважається кращим за газоподібне не тільки через більш об'ємну теплоту згоряння, але й тому, що воно є найбільш сумісним з існуючими системами живлення в двигунах.

Біоетанол може використовуватись самостійно або в суміші зі звичайним бензиновим паливом. Для позначення палива, що містить біоетанол, застосовується літера «Е» від англійського Ethanol.

Порівняльні характеристики бензину та етанолу наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики етанолу і бензину

Показник	Базовий бензин	Етиловий спирт
Хімічна формула	C_4-C_{12}	C_2H_5OH
Молекулярна маса	100-105	46,04
Сполука, мас. %:		
вуглець	85-88	52,2
водень	12-15	13,2
кисень	0	34,78
Густина при 20ºС , кг/м^3	700-780	789,3
Температура кипіння, ºС	35-205	78,4
Температура застигання, ºС	-40	-114,1
Теплота, кДж/кг:		
випаровування	180-306	839,3
згорання	42500	26945
Тиск насичених парів при 38ºС, кПа	35-100	15,9
В'язкість, мм2-/с (при 20ºС)	0,37-0,44	1,19
Електропровідність, ом/см^2	$1\cdot10^{-14}$	$1{,}35\cdot10^{-9}$
Температура самозаймання, ºС	257-300	423
Межі займистості, об.%:		
нижня	1,4	4,3
верхня	7,6	19,0
Крапка іскри, ºС	-43	13
Стехіометричне відношення – повітря:паливо	14,7-15,5	9,0
Розчинність у воді при 20 ºС, %	нерозчинний	необмежено
Октанове число:		
за дослідницьким методом	75-98	108
за моторним методом	72-86	92

© Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький

Важливою перевагою двигунів, які працюють на біоетанольному паливі, є їх антидетонаційна стійкість (детонація – латинське detonate – гриміти) – поширення полум'я з великою швидкістю, близькою до швидкості звука в даному середовищі. Підсумовуючи сказане можна зробити такі висновки.

Суттєве підвищення якості роботи двигуна при використанні біоетанольного моторного палива досягається за рахунок знайденого підвищувача тиску насичених парів - вуглеводневої фракції (п.к. - 60°С) - алканів C_4-C_6, використання яких дозволяє підвищити ефективність роботи двигуна. Багатофункціональність дії біоетанольного моторного палива ґрунтується на наступних принципах:

1) максимальна енергетична дія палива при оптимальному вмісті складових сполук досягнута за рахунок енергетичного посилення їх дії проміжними органічними сполуками класу органічних амінів та їх похідних;

2) висока ефективність і низька вартість біоетанольного моторного палива забезпечує максимальну рентабельність при виробництві екологічно чистих палив;

3) пари етанолу розсіюються швидше, ніж пари бензину;

4) етанол менш токсичний, ніж бензин, не містить канцерогенних речовин;

5) пара етанолу менш вогненебезпечна, ніж пари бензину, через більш високу температуру самозаймання;

6) октанові числа етанолу вищі, ніж бензину.

Аналітичні розрахунки техніко-експлуатаційних показників роботи бензинового двигуна ЗМЗ-66 проводимо при його роботі на бензиновому паливі, біоетанолі та суміші бензинового палива з 25% та 75% біоетанолу.

Склад бензинового палива, біоетанолу і їх сумішей наведено в табл.2.

Таблиця 2

Хімічний склад бензину, біоетанолу і їх сумішей

Паливо	Елементний склад, масю частки		
	C	H	O
Бензин	0,855	0,145	0
75% бензину + 25% етанолу	0,772	0,141	0,087
25% бензину + 75% етанолу	0,605	0,134	0,261
Етанол	0,522	0,130	0,348

Основними техніко-експлуатаційними показниками автомобільних двигунів є ефективна потужність N_e, крутний момент $M_к$, питома ефективна витрата палива g_e та годинна витрата палива $G_т$.

Ефективна потужність-це потужність двигуна, що віддається робочій машині безпосередньо або через силову передачу. Вона визначається:

$$N_в = \frac{P_в \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\tau}, \text{кВт};$$

де P_e-ефективний тиск в циліндрі двигуна, Па; V_h-робочий об'єм двигуна, $м^3$; n-оберти колінчастого вала двигуна, $хв^{-1}$; і-кількість циліндрів; τ-тактність двигуна.

Крутний момент двигуна:

$$M_k = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_в}{\pi \cdot n}, \text{Нм};$$

Питома ефективна витрата палива:

$$g_в = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_в}, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}};$$

де $\eta_в$-ефективний ККД двигуна.

Годинна витрата палива:

$$G_T = N_в \cdot g_в, \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

В результаті аналітичних досліджень отримано значення зміни потужності двигуна $N_в$, крутного моменту M_k, питомої ефективної витрати палива $g_в$, годинної витрати палива G_T від частоти обертання колінчастого вала двигуна n. Результати аналітичних розрахунків техніко-експлуатаційних покзників двигуна ЗМЗ-66 занесені в табл.3.

© Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький

Таблиця 3

Техніко-експлуатаційні показники двигуна ЗМЗ-66 при роботі на етанолі та його сумішей з бензиновим паливом

Тип палива	Оберти колінчастого валу, об/хв	Потужність, кВт	Крутний момент, Нм	Питома витрата палива, г/(кВт год)	Годинна витрата палива, кг/год
Бензин	1000	33.326	318.2414	291.746	9.723
	1220	41.363	323.7569	280.741	11.612
	1440	49.28	326.7961	272.724	13.44
	1660	56.906	327.3589	267.697	15.234
	1880	64.071	325.4454	265.659	17.021
	2100	70.604	321.0555	266.61	18.824
	2320	76.332	314.1892	270.55	20.652
	2540	81.086	304.8466	277.48	22.5
	2760	84.693	293.0277	287.398	24.341
	2980	86.983	278.7324	300.306	26.121
	3200	87.784	261.9608	316.202	27.757
75% бензину + 25% етанолу	1000	33.246	317.4747	324.561	10.79
	1220	41.263	322.9769	312.317	12.887
	1440	49.161	326.0087	303.4	14.915
	1660	56.769	326.5702	297.807	16.906
	1880	63.917	324.6613	295.54	18.89
	2100	70.434	320.2819	296.598	20.89
	2320	76.148	313.4322	300.981	22.919
	2540	80.89	304.1122	308.69	24.97
	2760	84.489	292.3217	319.724	27.013
	2980	86.773	278.0609	334.083	28.989
	3200	87.572	261.3296	351.768	30.805
25% бензину +75% етанолу	1000	32.831	313.5136	420.215	13.796
	1220	40.748	318.9472	404.363	16.477
	1440	48.548	321.9412	392.817	19.07
	1660	56.061	322.4956	385.576	21.616
	1880	63.12	320.6105	382.641	24.152
	2100	69.555	316.2859	384.011	26.71
	2320	75.198	309.5216	389.686	29.304
	2540	79.881	300.3178	399.666	31.926
	2760	83.435	288.6745	413.952	34.538
	2980	85.69	274.5916	432.543	37.065
	3200	86.48	258.0691	455.44	39.386
Етанол	1000	32.576	311.0821	492.66	16.049
	1220	40.432	316.4735	474.075	19.168
	1440	48.171	319.4443	460.539	22.185
	1660	55.626	319.9945	452.05	25.146
	1880	62.63	318.124	448.608	28.096
	2100	69.015	313.8328	450.214	31.072
	2320	74.615	307.1211	456.868	34.089
	2540	79.261	297.9886	468.569	37.139
	2760	82.787	286.4356	485.318	40.178
	2980	85.026	272.4619	507.114	43.118
	3200	85.809	256.0676	533.958	45.818

На основі отриманого масиву даних побудовано графічні залежності техніко-експлуатаційних характеристик двигуна (рис.1-4).

© Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький

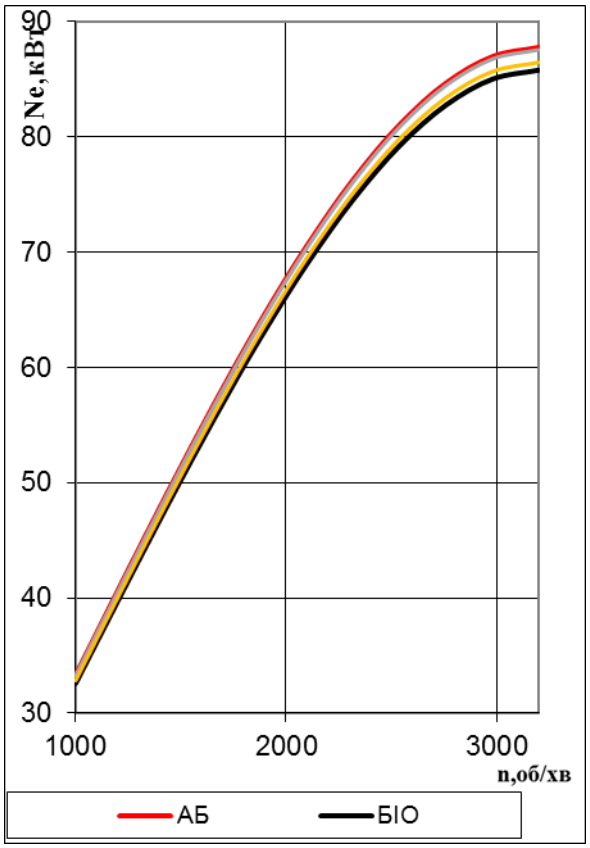


Рисунок 1 – **Залежність потужності двигуна витрати від частоти обертання**

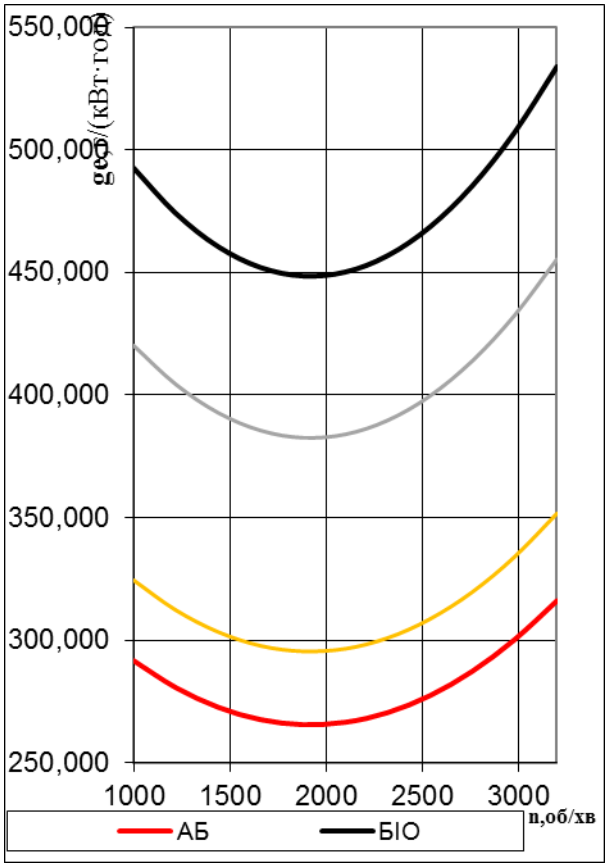


Рисунок 2 – **Залежність питомої ефективної палива двигуна від частоти обертання**

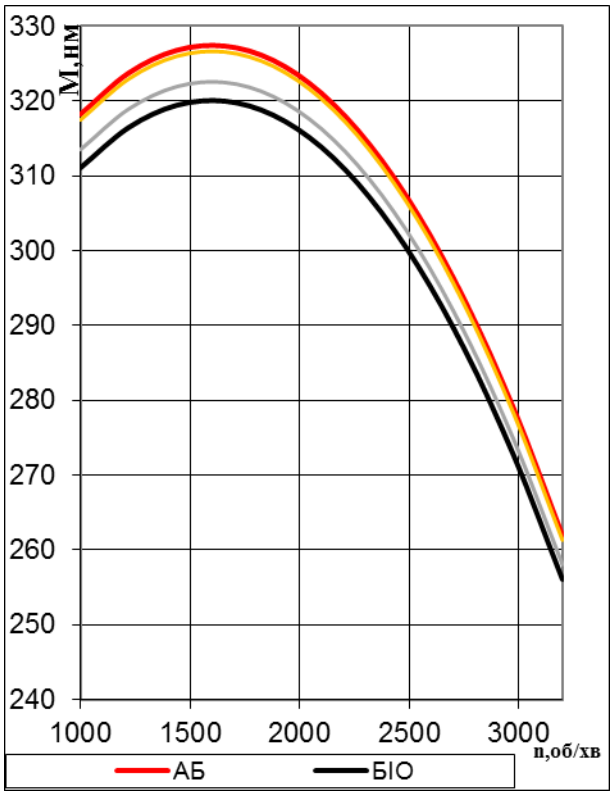


Рис. 3 – **Залежність крутного моменту двигуна від частоти обертання**

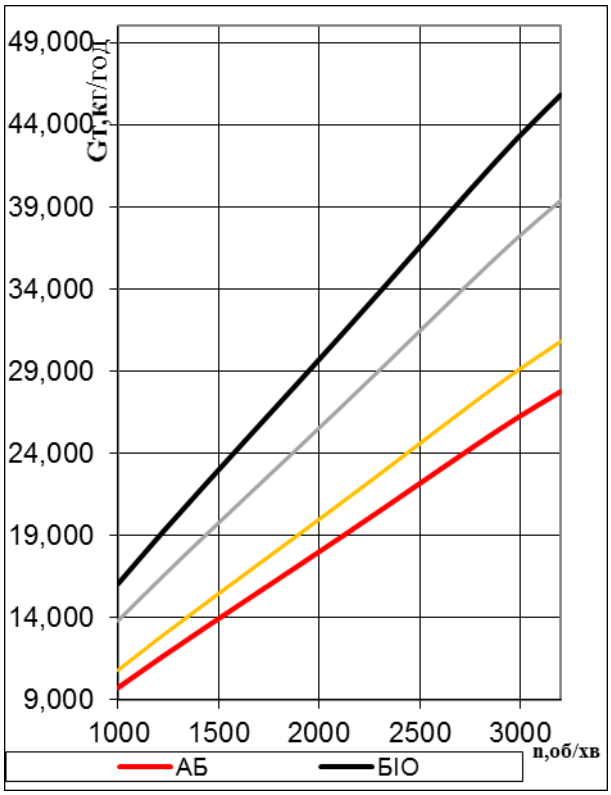


Рис. 4 – **Залежність годинної витрати палива двигуна від частоти обертання**

Висновки. Аналітичні розрахунки показують, що використання біоетанолу та його сумішей з бензиновим паливом суттєво не впливають на потужність та крутний момент, потужність

© Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький

знижується на 2% при максимальних обертах колінчастого вала, максимальний крутний момент знижується також на 2% при n=1660 хв$^{-1}$. Проте перехід на біопаливо та його суміші призведе до зростання годинної витрати палива та відповідно питомої ефективної витрати палива. Годинна витрата палива зростає на 65%, питома ефективна витрата палива відповідно зростає на 69% при максимальних обертах колінчастого вала.

Література

1. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей/КолчинА.И.,В.П. Демидов.-М.:Высшая школа, 1980.-400 с.

2. *ДСТУ* 4063-2001. *Бензини* автомобільні. Технічні умови.

3. Захарчук В. І. Использование альтернативных топлив в автотракторах. Энергосбережение/ В.І.Захарчук –2010. - №2. – с. 26-28.

4. Гутаревич Ю.Ф. Екологія автомобільного транспорту : навчальний посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська.– К.: Основа, 2002. – 312с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

© Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький

УДК 629.45.027.35

Б.М. Дівеєв [1], О.З. Горбай [1], І.С. Керницький [2], І.В. Коник [1], Я.М. Пелех [1]
[1]Національний університет «Львівська політехніка»
[2]SGGW, Warszawa

ВІБРО- ТА ШУМОЗАХИСНІ ПРИСТРОЇ З ДГК ДЛЯ КОЛІСНИХ МАШИН

В статті досліджуються вібро- та шумозахисні пристрої для колісних машин із застосуванням динамічних гасників коливань (ДГК). Наведені алгоритми моделювання їх динамічних характеристик на основі адаптивних розрахункових схем. Розглядається підвіска з нелінійними характеристиками з ДГК та шумопоглинаюча перегородка, яка за рахунок введення шаруватої композитної тонкостінної конструкції з проміжним демпфуючим прошарком з підвищеними демпфуючими властивостями та системою ДГК, що забезпечує краще вібро- та шумопоглинання у транспортних засобах.

Ключові слова: *підвіска, колісна машина, вібрація, динамічний гасник коливань, шумоізолююча перегородка, оптимізація*

Б.М. Дивеєв[1], О.З. Горбай[1], І.С. Керницкий[2], І.В .Коник[1], Я.М. Пелех[1]
[1]Национальный университет «Львовская политехника»
[2]SGGW, Warszawa

ВИБРО- И ШУМОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ДГК ДЛЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН

В статье исследуются вибро- и шумозахисни устройства для колесных машин с применением динамических гасникив колебаний (ДГК). Приведены алгоритмы моделирования их динамических характеристик на основе адаптивных расчетных схем. Рассматривается подвеска с нелинейными характеристиками из ДГК и шумопоглощающая перегородка, которая за счет введения слоистой композитной тонкостенной конструкции с промежуточной демпфирующей прослойкой с повышенными демпфирующими свойствами и системой ДГК, которая обеспечивает лучше вибро- и шумопоглощение в транспортных средствах.

Ключевые слова: *подвеска, колесная машина, вибрация, динамический гаситель колебаний, шумопоглощающая перегородка, оптимизация*

B. Diveev[1], O. Gorbay[1], I. Kernitskiy[2], I. Konyk[1], Y. Pelekh[1]
[1]National University "Lviv Polytechnic"
[2]SGGW, Warszawa

VIBRO- AND SOUND PROTECTING DEVICES WITH DVA'S FOR WHEELED MACHINES

In the article vibro- and sound protecting devices are explored for the wheeled machines with application of dynamic vibration absorbers (DVA)). The algorithms of design of their dynamic descriptions are resulted on the basis of adaptive charts of calculations. A suspension with nonlinear descriptions with DVA and sound absorbing partition, which due to introduction of the stratified composite thin-walled construction with an intermediate damping layer with the promoted absorbing properties and system of DVA's which provides better vibro- and sound absorbing in the vehicles of transports, is examined.

Keywords: *suspension, wheeled machine, vibration, dynamic vibration absorbers, noise absorbing partition, optimization*

Вступ. В транспортній техніці використовуються різноманітні конструкції підвісок з постійними або регульованими механічним властивостями. Застосування підвісок зі змінними механічними властивостями пояснюється такими факторами: зміною вантажу, що припадає на дане колесо, зміною експлуатаційних дорожніх умов. Відомі регулюючі пристрої для врахування зміни ваги в пневмопідвісках автобусів, задньої підвіски сучасних автомобілів (зміна кількості пасажирів на задньому сидінні). Проте вони досить складні за виконанням і передбачають використання електронних та електромеханічних пристроїв (контролерів, регуляторів). Тим часом актуальним є розробка простих і ефективних підвісок для причепів колісних машин, для сільгосптехніки, які б враховували зміну їх ваги. 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, у тому числі непідресорених мас колісних автомобілів.

Шумоізолюючі перегородки широко застосовуються в конструкціях транспортних засобів. Вони можуть застосовуються для зменшення рівнів вібрації і шуму в салонах транспортних засобів. Джерелами цих збурень можуть бути як процес взаємодії коліс з дорогою, так і внутрішні джерела: двигун, трансмісія, коробка передач, гальма, глушники, насоси, тощо. Особливо великий внесок у акустичне навантаження салону автобуса відіграє моторний відсік. Динамічні гасники

© Б.М. Дівеєв, О.З. Горбай, І.С. Керницький, І.В. Коник, Я.М. Пелех

коливань (ДГК), приєднані до тонкостінного шаруватого елемента сприяють зменшенню рівня шуму в області низьких частот, де шумоізолюючі перегородки малоефективні.

Огляд джерел. Ефективним у даних випадках може стати застосування динамічного гасника коливань (ДГК) [1-2]. На даний час розроблено багато конструкцій ДГК [2]. Вони застосовуються в різних машинах і спорудах, відрізняються вагою і габаритами, конструктивними особливостями, діапазонами застосування. Приклад різного розташування ДГК проаналізовано в [3-8]. В працях [9-14] розглянуто демпфуючі та звукозахисні властивостей шаруватих пластин з додатковими елементами.

Віброзахисні пристрої. Розглядаються алгоритми розрахунку та оптимізації колісної машини з нелінійною підвіскою та ДГК. Робота містить три етапи: перший – це отримання загальної розрахункової схеми, другий визначення механічних характеристик підвіски з врахуванням зміни статичного навантаження на неї та її нелінійних пружно-демпфуючих властивостей, отримання простих аналітичних апроксимаційних виразів для динамічної жорсткості підвіски і, третій етап – оптимізація конструктивних параметрів рами причепа та підвіски на основі отриманих у перших двох пунктах моделей. На рис.1 показаний конструктивний варіант підвіски з нелінійними властивостями та з ДГК.

На рис.1. позначено: 1 – рама, 2 – пружна обойма з гумовим елементом-пластиною, 3 – вузол приєднання ресори до рами, 4 – профільована ресора, 5 – ресора зі змінною вільною частиною, 6 – вузол сухого тертя з проміжним шаром з високим коефіцієнтом тертя і відносно малим коефіцієнтом тертя спокою. Тут для збільшення демпфування додатково введений елемент сухого тертя 6.

Розрахункова схема. Розглянемо трьохмасову розрахункову схему підвіски з ДГК (рис. 2). Тут m – маси частини машини, що припадає на цю частину підвіски, M_2 –відповідна маса непідресорених частин та Ma – маса ДГК. k, s – відповідні пружні та демпфуючі елементи. Рівняння динамічної рівноваги будуть

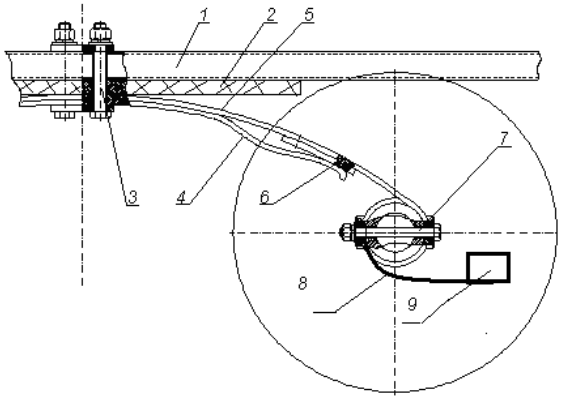


Рис. 1. **Конструктивний варіант нелінійної підвіски з ДГК**

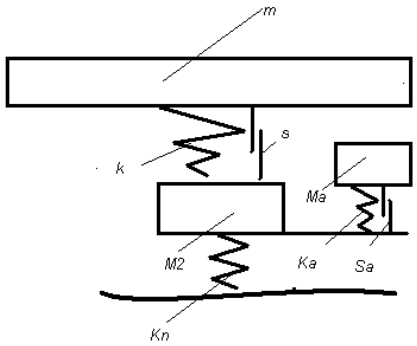


Рис. 2. **Розрахункова схема підвіски**

$$m\ddot{w}_0 + S\left(\dot{w}_0 - \dot{w}_1\right) + K\left(w_0 - w_1\right) = 0, \quad m_A\ddot{w}_A + s_A\left(\dot{w}_A - \dot{w}_1\right) + k_A\left(w_A - w_1\right) = 0, \tag{1}$$

$$M_2\ddot{w}_1 - S\left(\dot{w}_0 - \dot{w}_1\right) - K\left(w_0 - w_1\right) - S_A\dot{w}_A - K_A w_A = K_n\left(w_n(t) - w_1\right).$$

Тут S, K – деякі нелінійні функції від відносних швидкостей та переміщень, K_n – жорсткість коліс, $w_n(t)$ – кінематичне збурення (у загальному випадку деяка випадкова функція, залежна як від рельєфу так і від швидкості).

Визначення жорсткості підвіски. З'єднання конструкцій визначають їх функціональні та міцністні властивості і потребують уточненого розрахунку. Для таких вузлів як гумово-металічні амортизатори, пластинчаті вібропоглинаючі пристрої важливим є не лише визначення їх динамічної жорсткості, але й полів напружень, що визначають їх довговічність. Для адекватного

© Б.М. Дівеєв, О.З. Горбай, І.С. Керницький, І.В. Коник, Я.М. Пелех

визначення цих величин необхідно застосовувати уточнені розрахункові схеми, що дозволяють дослідити фізико-механічні поля в неоднорідних структурах з апріорі невідомими контактними поверхнями та нелінійними властивостями матеріалів. Ці задачі розглядалися як в спрощеній, так і в уточненій [1] постановці.

На рис. 3. наведені величини жорсткості балки для різного відношення коефіцієнта постелі гумового прошарку та згинальної жорсткості балки k/EI (форма штампу вибиралася у вигляді параболи $f = x^2/2R$).

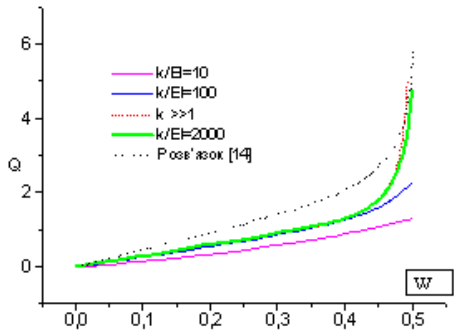


Рис. 3. **Жорсткістні властивості балки з обмеженнями на згин**

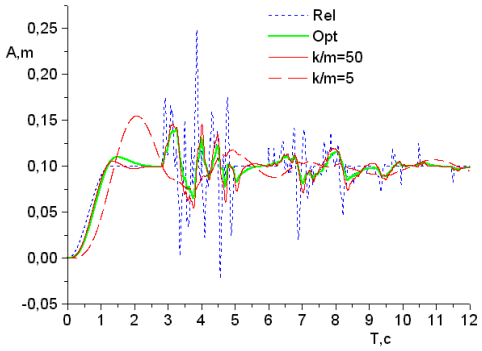


Рис. 4. **Приклади реалізацій віброзахисту (Rel–рельєф, Opt–оптимальний)**

Розрахунок та оптимізація. На відміну від традиційного розгляду підвіски у частотній області, тут розглядається реальний динамічний процес з врахуванням всіх нелінійностей, що безперечно мають місце в реальних конструкціях. Для аналізу таких процесів використано удосконалені числові методи – метод Гіра розв'язку задачі Коші, та малопараметричні розрахункові схеми, отримані на основі методів фізичної конденсації [5-8]. Для оптимізації застосовувалися генетичні методи. На рис. 4 наведені приклади реалізації динамічного нестаціонарного випадкового процесу для кінематичного збурення з початковим гладким монотонним перехідним процесом (що характеризує керованість).

Шумозахисна перегородка з ДГК. Розглядається зменшення вібрації та внутрішнього шуму транспортних засобів, зокрема застосування шумоізоляційних перегородок, які відділяють моторний відсік від пасажирського приміщення (рис.5). Розрахункова схема перегородки наведена на рис. 6.

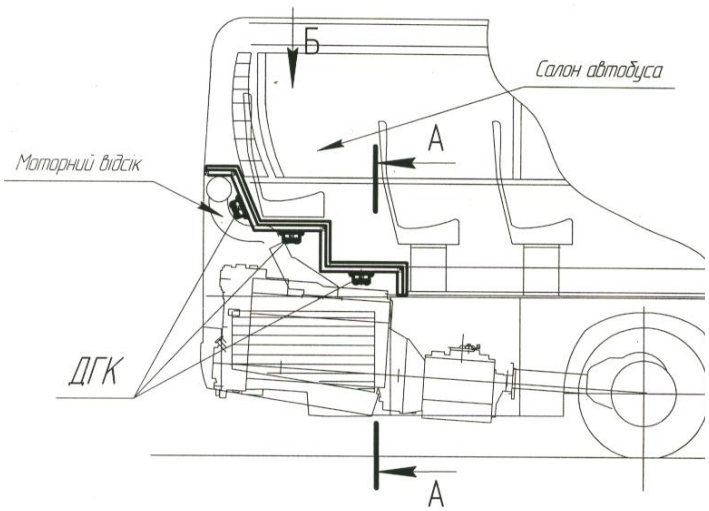


Рис.5. **Звукоізолююча перегородка з ДГК для моторного відсіку автобуса**

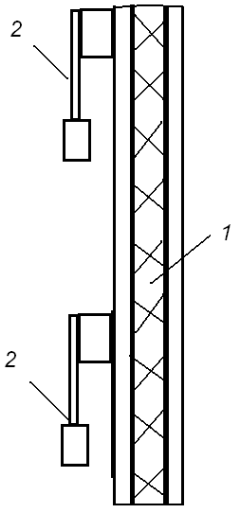


Рис. 6. **Розрахункова схема шаруватого тонкостінного елемента з ДГК**

Відомі конструктивні рішення, які забезпечують зниження рівня шуму в пасажирському салоні до рівня, регламентованого нормативним документам. Недоліками шумоізолюючих

перегородок є малий коефіцієнт звукопоглинання на низьких частотах, що приводить до збільшення акустичного навантаження в салоні транспортного засобу.

Розглядаються такі завдання:

1) Отримання конденсованої розрахункової схеми шаруватої пластини шляхом приведення її до одношарової пластини Тимошенка з відповідними динамічними властивостями.

2) Знаходження основних динамічних характеристик (власних частот, власних форм коливань) перегородки разом з приєднаними до неї елементами.

3) Одержання та аналіз дискретно-континуальних моделей з врахуванням ДГК.

Основні співвідношення. В [9-14] наведені способи розрахунку тришарових композитних пластин з наповнювачем, та зведення шаруватих тонкостінних пластин до еквівалентної їм балки Тимошенка. Для перегородки як пластини Тимошенка отримуємо систему алгебраїчних рівнянь в залежності від частоти ω [11-14] (з врахуванням ДГК)

$$\left(-EIk^2 - SG - \rho I\omega^2\right)\gamma_0 - SGikw_0 = 0, SGik\gamma_0 + \left(-SGk^2 + \rho S\omega^2\right)w_0 - (K_A + i\omega C_A)(w_A - w_0) = q_0$$

$$-M_A\omega^2 w_A + (K_A + i\omega C_A)(w_A - w_0) = 0, \quad q_0 = 2(A_i - A_t), \quad -A_t ik\cos\phi = \rho_a\omega^2 w_0 \qquad (2)$$

Тут E, G – модулі пружності пластини (при циліндричному згині), S, I – площа січення та його момент інерції, γ_0, w_0 – кутове та нормальне переміщення, ρ – погонна густина, A_i, A_t – амплітуди падаючої та пропущеної хвилі, $k = \omega / C_v$, C_v – швидкість звуку, ρ_a – густина повітря, ϕ – кут падіння звукової хвилі. де w_A – переміщення ДГК, M_A – його маса, K_A, C_A – його жорсткістні та демпфуючі властивості. Розв'язуючи систему рівнянь (2), отримуємо

$$A_t = F(\omega)A_i \qquad (3)$$

Коефіцієнт передачі потужності через перешкоду задається так $\tau = |A_t| / |A_i|$ а коефіцієнт, поглинання в децибелах $T_L = 10\log\left|\tau^{-1}\right|$. Звідки $T_L = 10\log\left|1/F(\omega)^2\right|$.

На рис. 7 показана ця величина при наявності та відсутності ДГК зі спеціально підібраними параметрами.

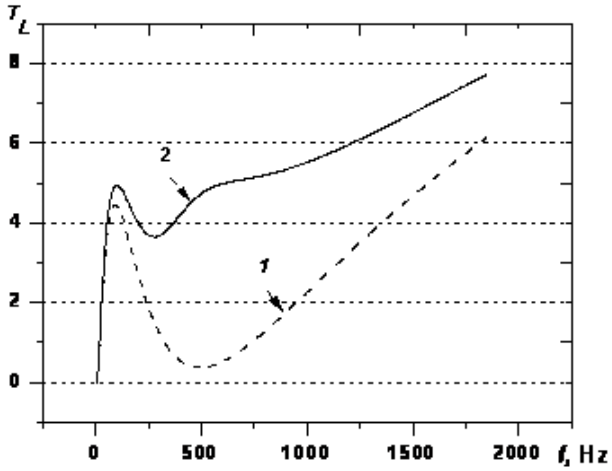


Рис. 7. **Коефіцієнт звукових втрат для пластини без ДГК– (1) та з ДГК налаштованим на провал звукоізоляції –(2)**

Можна помітити значно покращені шумопоглинаючі властивості у околі провалу цієї характеристики для перегородки без ДГК.

Висновки. Розглянута нелінійна підвіска колісної машини з ДГК. На основі дискретно-континуального підходу отримано трьохмасову розрахункову схему з врахуванням непідресорених мас та приєднаних до них ДГК. Проведена оптимізація параметрів підвіски для реалізацій кінематичного збурення як випадкового нестаціонарного процесу. Розроблена адаптивна розрахункова схема для шумозахисної перегородки з ДГК. Шарувата пластина

перегородки моделюється балкою Тимошенка Продемонстровано значне покращення звукоізолюючих властивостей в області низьких частот за рахунок приєднання системи ДГК.

Література

1. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М., Наука, 1967 -444с.
2. Вибрации в технике. Т.6. Защита от вибрации и ударов. –М.: Машиностроение. 1981. – 456с.
3. Burdisso, J.D. Heilmann, A new dual-reaction mass dynamic vibration absorber actuator for active vibration control, Journal of Sound and Vibration 214 (5) (1998) 817–831.
4. Стоцько З. А., Дівеєв Б.М., Сокіл Б.І., Топільницький В.Г. Математичні моделі керування віброактивністю технологічних машин. Машинознавство. №2, 2005.–с.37-42.
5. Дівеєв Б.М. , Вікович І.А., Бутитер І.А., Ройко Ю.Я., Керування вібраційними процесами динамічних гасників коливань в сільгоспагрегатах з обертовими елементами. Вісн. Національного університету "Львівська політехніка" // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. № 40. 2006. – С.99-105.
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. .Дівеєв Б.М. Оптимізація процесів віброзахисту на основі напівавтоматичного гасника коливань. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. „Львівська політехніка", 2005.–№39.–С.71-76.
8. Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А., Дівеєв Б.М., Бутитер І.Б., Дівеєв І.Б. Генетична оптимізація конструкцій підвісок колісних машин // Зб. наук. пр. Асоціації "Автобус" "Проектування, виробництво та експлуатація автомобільних засобів і поїздів". – Львів, 2004. Вип. 8. – С. 31 -35.
9. P. Thamburaj and j. Q. Sun. Optimization of anisotropic sandwich beams for higher sound transmission loss. Journal of Sound and Vibration, (2002) 254(1), 23-36
10. K. Renji. Sound transmission loss of unbounded panels in bending vibration considering transverse shear deformation , Journal of Sound and Vibration. 283 (2005) 478–486
11. Дівеєв Б.М., Горбай О.З., Когут І.С. Розсіяння енергії у тришарових композитних балках при згині. Збірник наукових праць. Серія машинобудування, будівництво, Полтава, вип. 2(32), Т.2, 2012, С.17-24.
12. Bohdan Diveyev, Orest Horbay, Roman Pelekh, Andrij Smolskyy. Acoustical and vibration performance of layered beams. 19th International Congress on Sound and Vibration 2012Vilnius, Lithuania,Vol. 2, p. 1491-1498 (Electronic edition)
13. Б.М. Дівеєв, І.В. Коник, Р.Я. Пелех, Я.М. Пелех. Розрахунок та оптимізація шумопоглинаючих шаруватих пластин з додатковими масами. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство», вип. 41, част. 3, (04-06.2013 р.). Луцьк, С. 81-88.
14. Дивеев Б. М., Пелех Я. М., Тарасюк У. И., Николишин М. М. Демпфирующие и звукоизоляционные свойства слоистых панелей // Вібрації в техніці і технологіях, 2014, №3(75), - С.71 - 76.

Стаття надійшла до редакції 08.05.2016

© Б.М. Дівеєв, О.З. Горбай, І.С. Керницький, І.В. Коник, Я.М. Пелех

УДК 629.45.027.35

Б.М. Дівеєв [1], М.М. Николишин [2], В.Г. Опалко [3], Г.Т. Черчик [4]
[1]Національний університет «Львівська політехніка»
[2]Інститут прикладних проблем механіки і математики НАНУ
[3]Національный університет біоресурсів и природокористування України
[4]Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

ВІБРОНАВАНТАЖЕНІСТЬ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ КОЛІСНИХ МАШИН.

Розглядаються задачі розповсюдження вібрації та ударів від коліс до чутливого елемента машини. Досліджується вплив параметрів вібрації та ударів на динамічні властивості болтових з'єднань колісної машини. Визначені небезпечні параметри збурення. Наводиться розрахункова схема колісного причепа – сівалки. Отримані експериментальним шляхом віброграми використовуються для розрахунків локальних напружень в області з'єднання методом скінчених елементів.

Ключові слова: *колісна машина, болтове з'єднання, вібрація, удар*

Б.М. Дивеев[1], М.М. Николишин[2], В.Г. Опалко[3], Г.Т. Черчик[4]
[1]Национальный университет «Львовская политехника»
[2]Институт прикладных проблем механики и математики НАНУ
[3]Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
[4]Физико-механический институт им. Г. В. Карпенко НАН Украины

ВИБРОНГРУЖЕННОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Рассматриваются задачи распространения вибрации и ударов от колес к чувствительному элементу машины. Исследуется влияние параметров вибрации и ударов на динамические свойства болтовых соединений колесной машины. Определены опасные параметры возмущения. Наводится расчетная схема колесного прицепа – сеялки. Полученные экспериментальным путем виброграмы используются для расчетов локальных напряжений в области соединения методом законченных элементов.

Ключевые слова: *колесная машина, болтовое соединение, вибрация, удар*

B. Diveyev[1], M. Nykolyshyn[2], V. Opalko[3], H. Cherchyk[4]
[1]National University "Lviv Polytechnic"
[2]Institute of Applied Problems of Mechanics and Mathematics NASU
[3]Natsionalnыy University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
[4]Physico-Mechanical Institute. Karpenko of Ukraine

VIBROLOADING OF CONNECTIONS OF ELEMENTS OF CONSTRUCTIONS OF THE WHEELED MACHINES.

The tasks of distribution of vibration and shots are examined from wheels to the sensible element of machine. Influence of parameters of vibration and shots is explored on dynamic properties of connections of screw-bolts of the wheeled machine. The dangerous parameters of indignation are certain. The calculation chart of the wheeled trailer – sowing is pointed. Obtained experimentally vibrograms are used for the calculation of local stresses in the connection by method of finite elements.

Keywords: *wheeled machine, screw-bolt connection, vibration, impact*

Вступ. З'єднання екстенсивно використовуються в транспортній промисловості. Вони легкі для здійснення, рентабельні. Аварії, викликані ослабленням з'єднань (з'єднання), типові. Наприклад, руйнування корпусів колісних машин можуть викликатися ослабленням болтів. Транспортний засіб – це складна система під дією вібрації, викликаною нерівністю дорожньої поверхні, змінною швидкістю, неврівноваженістю обертових елементів. Ці вібрації поширюють через транспортний засіб і також впливають на з'єднання. Під їх дією ці з'єднання поступово починають послаблятися. Це може привести до серйозних аварій.

Основними факторами, що впливають на ослаблення з'єднань, це амплітуда, частота та градієнт вібрації. Для їх визначення необхідно вияснити картину поширення вібрації у транспортному засобі, особливо процес її передачі від коліс до чутливого елемента – з'єднання.

Моделювання динаміки колісної машини. Однією з важливих проблем проектування сучасних транспортних засобів, зокрема колісних машин є амортизація чутливих до вібрації елементів при збереженні оптимальних техніко-економічних показників, а саме таких, як

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик

функціональність, комфортність, економічність, енерго- та матеріаломісткість, експлуатаційні витрати, витрати на ремонт та інше. Первинною задачею в цьому напрямку є необхідність удосконалення методів розрахунку дії динамічних навантажень на машину з метою наближення теоретичних результатів до експериментальних даних. Таке завдання, очевидно, може бути виконано з допомогою сучасних комп'ютерних програм, що широко використовуються в САПР. Це, наприклад, ADAMS, Pro/Engineer, NASTRAN, ANSYS, COSMOS… Зазначимо, що застосування лише цих програм часто недостатнє. По-перше, достеменно не відомі динамічні навантаження, що діють на машину в реальних умовах експлуатації, а використання для цього моделі підвіска – жорсткий корпус навряд чи коректно. По-друге, нам потрібні не лише миттєві пікові значення напружень в елементах конструкції, а їх ресурсна оцінка. А це вимагає врахування складних процесів,зокрема, у болтових з'єднаннях.

На даний час переважаюча більшість математичних моделей транспортних засобів базується на простих дискретних схемах розрахунку, часто розглядається найпростіша одновимірна модель: непідресорені маси – підвіска – основна маса машини. Проте такі моделі не дають можливість врахувати гнучкість конструкції машини, а також визначити динамічні напруження. Тому в даній роботі запропоновано дискретно-континуальні моделі динаміки машин, що не мають цих недоліків. Для зменшення коливань чутливого елемента машини у середньому частотному діапазоні необхідно враховувати деформативність цієї конструкції. Адже робоча частота може наближатися до власних частот конструкції. У такому випадку треба розглянути більш загальну дискретно-континуальну розрахункову схему.

Огляд попередніх досліджень. Для моделювання технологічних процесів, що відбуваються за допомогою транспортних засобів, зокрема за допомогою колісних машин розроблено ряд розрахункових схем (Р. С.) [1-3]. Частий недолік традиційних моделей – це недостатній розгляд взаємозв'язку транспортних та технологічних процесів. Найбільш поширеними були незв'язані дискретні моделі [2]. Хоча вони й дозволяють доволі точно визначати вплив динаміки руху на технологічний процес, проте зворотній вплив, який в окремих випадках доволі значний, часто розглядається не досить повно. В даній роботі розглянуто клас дискретно-континуальних моделей [4-7], які дозволяють більш гнучко моделювати ці процеси.

Дискретно-континуальне моделювання знайшло широке застосування в розрахунку динаміки колісних екіпажів та колісних поїздів [4-8]. Це насамперед пов'язане з необхідністю визначення напружень в такого роду конструкціях при динамічних навантаженнях. Дискретні Р. С. дозволяють лише визначати амплітудно-частотні характеристики (АЧХ). Часто вони переобтяжені деталями. Внесення додаткового дискретного елементу навіть малої маси, вносить значні зміни в АЧХ в області його власного резонансу, хоча сама наявність такого елементу може вносити доволі незначні зміни як в технологічний процес, так і в реальний напружено-деформований стан (н. д. с.) конструкції. Дискретно-континуальні моделі дозволяють, на основі значно меншого числа параметрів, описати як технологічний процес, так і саму динаміку екіпажу.

Постановка задачі. Надійність транспортного засобу визначається надійністю його чутливих елементів. Нижче наведена загальна схема транспортного засобу (колісного екіпажу) в плані його надійності.

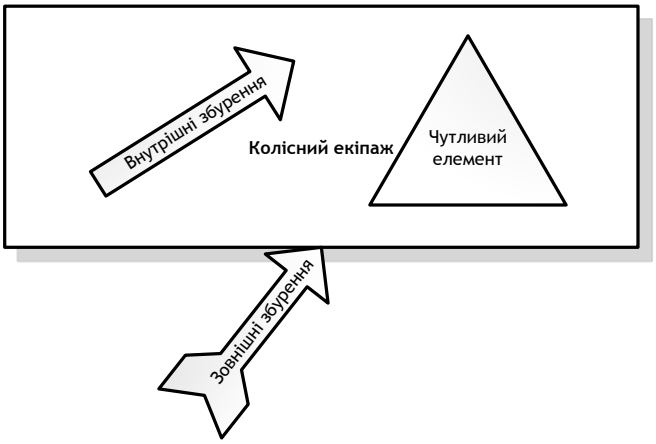


Рис. 1. **Загальна схема транспортного засобу (внутрішній чутливий елемент)**

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик

Тут чутливим елементом можуть бути як елементи конструкції машини, так і водій і вантаж.

На цілісність з'єднання впливає ряд факторів: діаметр і довжина болтів, конфігурація з'єднання, стан поверхні болтів і з'єднаних ними частин конструкції, точність виготовлення, застосування фіксуючих пристроїв (контргайок, шайб Гровера…). Основний фактор – це амплітуда та градієнт вібрації. Розглянемо його у цьому розділі.

Введемо наступний критерій втрати цілісності з'єднання

$$J_C = J_C\left(S(f), G(f)\right). \tag{1}$$

Тут $S(f)$ – спектральна густина вібрації в околі з'єднання, $G(f)$ – конфігурація з'єднання. У $G(f)$ входять всі геометричні параметри з'єднання, та конструктивне вирішення елементів, що з'єднуються. Такий критерій вибрано на основі наступних міркувань: по-перше, на ослаблення з'єднання впливає амплітуда та кількість циклів коливань. Але не тільки, впливає частота і геометричні параметри. Відомо, що елементи конструкцій можуть вступати у резонанс з зовнішньою вібрацією, що спричиняє багатократне збільшення амплітуди їх коливань. Дослідимо спочатку першу величину в (1). Для цього розглянемо сівалку як колісну машину – причеп.

Моделювання технологічних процесів, що відбуваються за допомогою колісних машин. Для моделювання технологічних процесів, що відбуваються за допомогою транспортних засобів, зокрема за допомогою колісних машин, розроблено ряд розрахункових схем [1-3]. Характерний недолік традиційних моделей - це недостатній розгляд взаємозв'язку транспортних та технологічних процесів. Найбільш поширеними є незв'язані дискретні моделі . Хоча вони дозволяють достатньо точно визначати вплив динаміки руху на технологічний процес, проте зворотній вплив, який в окремих випадках досить значний, часто розглядається не досить повно. У даній роботі розглянуто клас дискретно-континуальних моделей [4-8], які дозволяють більш гнучко моделювати ці процеси. Способи побудови алгоритмів розрахунку динаміки конструкцій машин на основі дискретно-континуальних моделей приведені у [4-8]. Для визначення динамічних характеристик процесу пересування екіпажу по рельєфу та для визначення деформації у рамі достатньо врахувати лише одну головну форму її коливань [7,8]. У деяких випадках, наприклад, коли частота віброактивних елементів та вібропасивних лежать далеко від резонансних частот (двигуна значно вище, а вантажу та кузова значно нижче), можна побудувати схеми, що враховують деформативність рами, порядок яких не вище, ніж у класичних дискретних схемах.

Розрахункова схема причепа. Розрахункова схема причепа сільськогосподарської машини – сівалки ґрунтується на декомпозиції загальної схеми на ряд часткових нижчого порядку [4-10]. На рис. 2 наведена загальна (об'ємна) схема причепу з місцями болтових з'єднань (1-11).

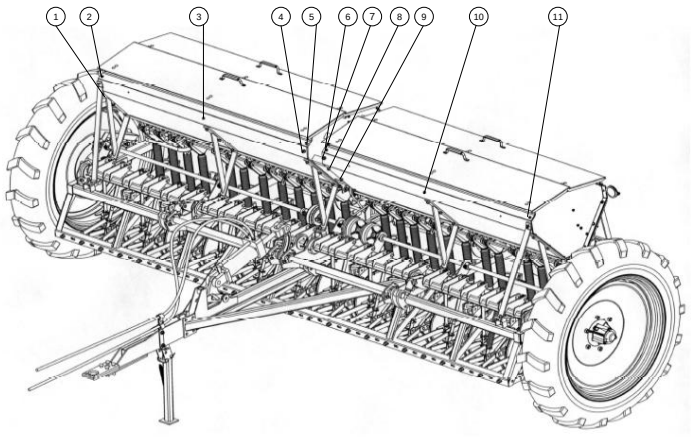


Рис. 2. **Загальна (об'ємна) схема причепу (сівалки) з місцями болтових з'єднань (1-11).**

Розрахункова схема причепа ґрунтується на декомпозиції загальної схеми на ряд часткових нижчого порядку [8-11]. На рис. 3. наведена загальна розрахункова схема причепу.

Тут передбачена можливість встановлення підвіски. Це одна з тенденцій розвитку сучасного сільгоспмашинобудування.

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик

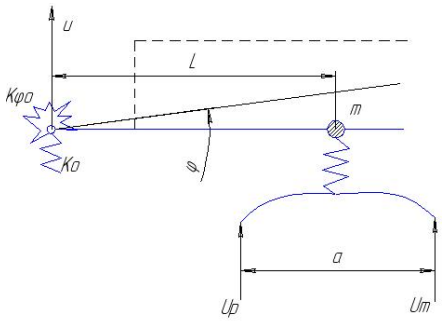


Рис. 3. **Плоска розрахункова схема причепа**

$$m\frac{d^2u}{dt^2}=-k_0u-P^-+P^+,\quad J\frac{d^2\varphi}{dt^2}=-k_{\varphi 0}\varphi-L\left(P^-+P^+\right)$$

$$J\frac{d^2\gamma}{dt^2}=-k_{\gamma 0}\gamma-a_1P^-+a_2P^+M \qquad (2)$$

Для неї отримуємо такі рівняння динамічної рівноваги для випадку вертикальних коливань у поздовжній площині: Тут *u*- вертикальне відхилення точки приєднання причепа до тягача, γ,φ - кути повороту, відповідно, причепа та ресори, *P(u)* , – нелінійні, конструктивно залежні сили в підвісці. Для їх визначення необхідно розглянути контактну задачу-згин ресори-пластини у пружній обоймі, рис. 3.

Передача вібрації від коліс до з'єднання. Побудуємо просту математичну модель для дослідження поширення віброударних процесів у машині. Розглянемо одновимірну модель (рис. 4)

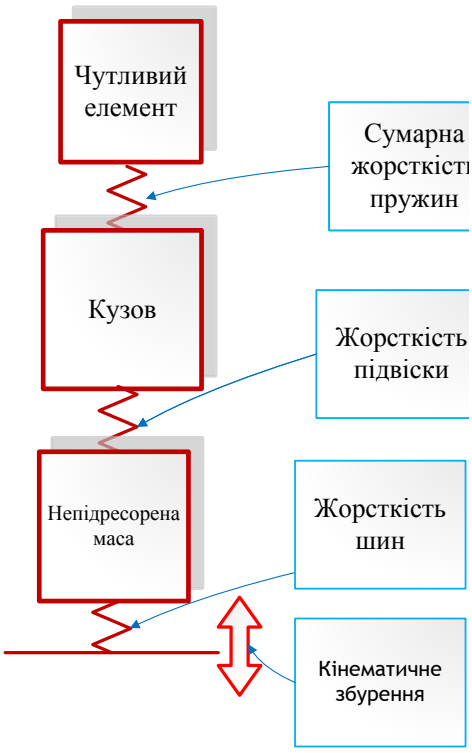


Рис. 4. **Одновимірна схема колісної машини з кінематичним збуренням**

Рівняння динамічної рівноваги будуть

$$m_1\frac{d^2u_1}{dt^2}+k_1\left(u_1-u_0\right)+k_2\left(u_1-u_2\right)=0,$$

$$m_2\frac{d^2u_2}{dt^2}+k_2\left(u_2-u_1\right)+k_3\left(u_2-u_3\right)=0, \qquad (3)$$

$$m_3\frac{d^2u_3}{dt^2}+k_3\left(u_3-u_2\right)=0.$$

Тут u_1,u_2,u_3 переміщення, відповідно, непідресореної маси, кузова, турелі, m_1,m_2,m_3 – їх маси, k_1,k_2,k_3 – жорсткість шин, підвіски і сумарна жорсткість пружин турелі, u_0 – кінематичне збурення. В загальному нелінійному випадку та при врахуванні демпфування складові $k_i\left(u_{i+1}-u_i\right)$ потрібно замінити на деякі нелінійні функції $f_i\left(u_{i+1}-u_i,\frac{du_{i+1}}{dt}-\frac{du_i}{dt}\right)$. Розглянемо тут лінійний випадок в'язкого демпфування, при якому ці функції будуть мати вигляд

$$f_i=k_i\left(u_{i+1}-u_i\right)+c_i\left(\frac{du_{i+1}}{dt}-\frac{du_i}{dt}\right), \qquad (4)$$

c_i – коефіцієнти в'язкого демпфування.

В частотній області рівняння (3) будуть мати вигляд (при лінійному в'язкому демпфуванні (4))

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик

$$
\begin{aligned}
-\omega^2 m_1 u_1 + k_1\left(u_1 - u_0 + i\omega\eta_1\left(u_1 - u_0\right)\right) + k_2\left(u_1 - u_2 + i\omega\eta_2\left(u_1 - u_2\right)\right) = 0,\\
-\omega^2 m_2 u_2 - k_2\left(u_1 - u_2 + i\omega\eta_2\left(u_1 - u_2\right)\right) + k_3\left(u_2 - u_3 + i\omega\eta_3\left(u_2 - u_3\right)\right) = 0,\\
-\omega^2 m_3 u_3 - k_3\left(u_2 - u_3 + i\omega\eta_3\left(u_2 - u_3\right)\right) = 0.
\end{aligned}
\qquad (5)
$$

Розглянемо зовнішні збурення як суму рівномірно розподіленої по частотному діапазоні вібрації (білий шум) та деякого центрованого синусоїдального шуму [2].

$$u_0 = A_0 + a(\omega)\sin(\omega) \quad , \qquad (6)$$

На рис. 5 показаний характер поширення вібрації у частотній області при різному розташуванні максимуму піку інтенсивності вхідного сигналу. Параметри у моделі (3) приймалися такими: $m_1 = 100\kappa Г$, $m_2 = 2000\kappa Г$, $m_3 = 30\kappa Г$; $k_1 = 30\kappa Н/м$, $k_2 = 300\kappa Н/м$, $k_1 = 100\kappa Н/м$.

Як можна помітити, при цьому ж максимумі інтенсивності, при розташуванні піку у вищому частотному діапазоні, підсилюється віброзахист і інтенсивність коливань кузова падає. Це пояснюється віброзахисними властивостями підвіски.

Розглянемо тепер рівняння (3) з в'язким демпфуванням. На рис. 6 показаний характер поширення ударного навантаження при поодинчому імпульсі різної довжини. Можна помітити, що при меншому інтервалі імпульсу його дія зменшується. Максимальне відхилення спостерігається при довжині імпульсу півперіода власних коливань машини.

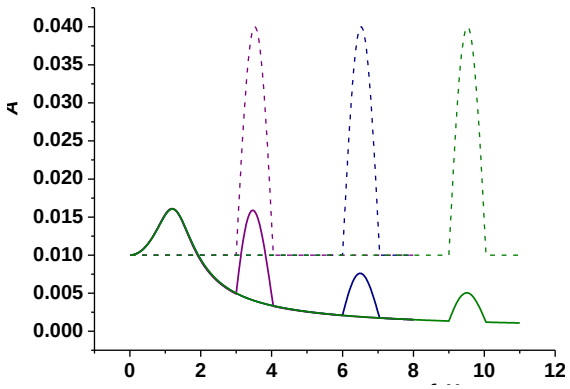


Рис. 5. **Характер поширення вібрації у частотній області (пунктирна лінія – вхідний сигнал, суцільна – коливання кузова) при різному розташуванні максимуму піку: 3 Гц; 6 Гц; 9 Гц**

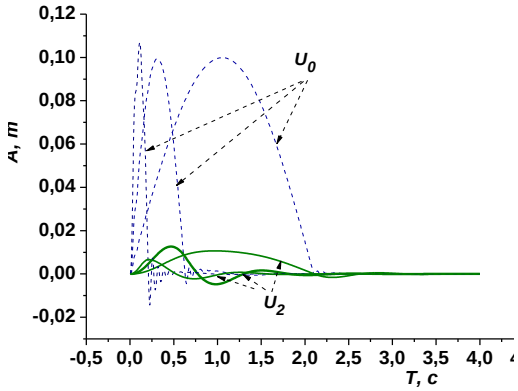


Рис. 6. **Характер поширення ударного навантаження при поодинчому імпульсі**

.

Експериментальні дослідження. Для експериментальних досліджень розроблено мобільний комплекс віброметрії. На рис. 7 показано блок вібровимірювань, де 22 – сенсори, 23 – 16-ти канальна система збору вібросигналів на основі L-CARD, 24 – підсилювачі сигналів, активні фільтри низьких частот, 25 – ПК.

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик



Рис. 7. **Блок вібровимірювань**

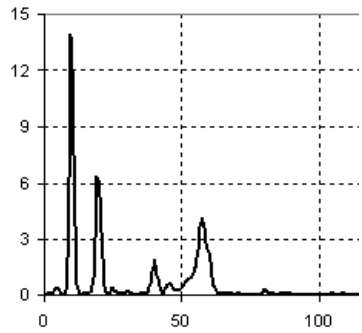


Рис. 8. **Графік спектральної густини вібраційного сигналу**

На рис. 8 представлений графік спектральної густини вібраційного сигналу. З графіка рис. 8 видно, що спектральна густина потужності сигналу зосереджена в області низьких частот до 100 Гц. В спектрі присутня частота 10, 20 Гц. Основна потужність припадає на низькі частоти 10, 20 Гц.

Динамічні властивості з'єднання. Оскільки процес послаблення з'єднання значно зростає зі зростанням амплітуди коливань, розглянемо динамічні властивості з'єднань, його частотні характеристики. Адже амплітуди коливань при резонансі зростають багатократно. На рис. 9 показана схема МСК з'єднання. Тут використовується пакет програм АРМ WinMachin.

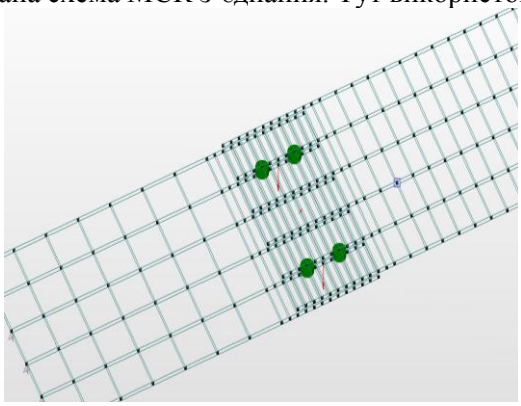


Рис. 9. **Схема МСК з'єднання**

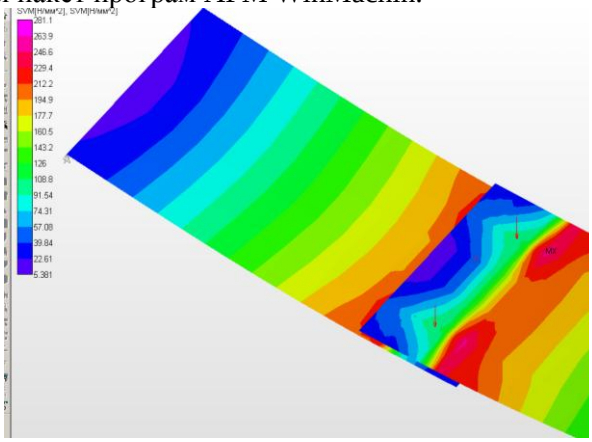


Рис. 10. **Розподіл напружень**

На рис. 10 показано розподіл напружень.

Висновки. На прикладі розрахунку конструкції сівалки проілюстровано застосування як методики визначення динамічних характеристик машини, так і визначення жорсткістних властивостей пластинчастих елементів болтового з'єднання. Без цього останнього неможливо спроектувати причіп, адже параметри підвіски визначають ті динамічні зусилля, що передаються на конструкцію кузова причепа. Цю ж методику розрахунку та оптимізації причепа можна застосувати і до двовісних причепів довільної конструкції, в тому числі і для великовагових причепів. Але у випадку великовагових причепів необхідно врахувати додатково деформативність рами причепа на основі, наприклад, конденсованих моделей, наведених у [10,11].

З проведених досліджень випливає, що максимуми вібрацій, що діють на з'єднання сівалки можуть знаходитися у околі високочастотних резонансів з'єднання (рис. 8). Це посилює ослаблення з'єднання, оскільки зростає не лише амплітуда коливань, але й значно зростає число циклів навантаження. Одним із заходів, що можуть зменшити ці негативні ефекти, може служити підресорювання сівалки (рис. 3). Високочастотні складові вібрації у цьому випадку будуть відфільтровані за допомогою підвіски. Зауважимо, що підресорювання – це загальна світова тенденція у важкому сільгоспмашинобудуванні. Альтернативним може служити застосування системи вібропоглинаючих пристроїв [11-14].

Література

1. Раймпель И. Шасси автомобиля – элементы подвески. Машиностроение, 1987.

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик

2. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель. Под ред. А.А. Хачатурова. М., “Машиностроение”, 1976, 530 с.

3. Пархиловский И.Г. Автомобильные листовые ресоры: Теория, расчет и испытания. 2-е.изд М.:Машиностроение 1978, 227с.

4. Дівеєв Б., Миронюк О., Шевчук Р. Дискретно-континуальна модель для розрахунку динамічних характеристик струшувача плодів. // Машинознавство. – 1998. – № 8. – С. 15 – 19.

5. Дівеєв Б. Алгоритми розрахунку вібронапружених конструкцій у САПР та діагностичних системах на мікрокомп’ютерах. // Матеріали IV і V Міжнар. наук.-практ. Конф. „УКРСОФТ”. – Львів, 1995. – С. 191 – 194.

6. Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. – Addison-Wesley, 1989.

7. Дівеєв Б., Вікович І., Сухорольський М., Дубневич О. Розрахунок та оптимізація причепа з підвіскою змінної жорсткості. // Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: Пр. І –ї Міжн. наук.-техн. конф. (DSR AM - I), 4 – 7 жовтня 2004 р., – Тернопіль: Терн. держ. техн. ун-т, 2004. – С. 458 – 463

8. Bohdan Diveyev, Igor Vikovych. Application of complex methods for optimum designing mobile vehicles . Materialy XXIII Symp.“Drgania w ukladach fizycznch. Poznan-Bedlewo. 2008. – S.64-67.

9. Bohdan Diveyev, Andrij Beshley, Solomiia Konyk, Ivan Kernytskyy. Identification of transverse elastic moduli of composite beams by using combined criteria 22th International Congress on Sound and Vibration 2015 Florence, Italy.Vol. 2, (Electronic edition) 8p

10. Bohdan Diveyev, Ihor Vikovych, Viktor Martyn, Ihor Dorosh. Optimization of the impact and particle vibration absorbers, 22th International Congress on Sound and Vibration 2015 Florence, Italy.Vol. 2, (Electronic edition) 8p

11. KERNYTSKYY Ivan, DIVEYEV Bohdan, ZHYTENKO Oleksandr, MAKSYMYUK Sofia. I-I0. Modeling of a seated human body exposed to vertical vibrations in simulink program Systems and means of motor transport. Selected problems. Monografia nr 6, Rzeszow 2015, P.83-93.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2016

© Б.М. Дівеєв, М.М. Николишин, В.Г. Опалко, Г.Т. Черчик

УДК 656.13

Л.С. Дідківська, С.В. Янішевський, Г.Ю. Терпелюк
Національний транспортний університет

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПЕРІОДИЧНИХ ЗБУРЕНЬ (ПЕРЕКРИТТЯ) РУХУ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ М.КИЄВА (НА ПРИКЛАДІ МОСТУ ІМ.ПАТОНА)

Встановлено, що будь-яке перекриття руху в ранкові години «пік» на мосту ім.Патона в м.Києві призводить до виникнення затору та суттєво збільшує імовірність скоєння ДТП. Показано, що стан покриття проїзної частини в умовах перекриття руху в години «пік» є фактором, що впливає на тривалість затору та кількість ДТП

Ключові слова: *транспортний потік, година «пік», відеоспостереження, перекриття руху, затор, ДТП*

Л. С. Дидковская, С.В. Янишевский, А.Ю. Терпелюк
Национальный транспортный университет

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ (ПЕРЕКРЫТИЯ) ДВИЖЕНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ Г. КИЕВА (НА ПРИМЕРЕ МОСТА ИМ. ПАТОНА).

Установлено, что любое перекрытие движения на мосту им. Патона в утренние часы «пик» приводит к возникновению затора и существенно увеличивает вероятность совершения ДТП. Показано, что состояние покрытия проезжей части в условиях перекрытия проезжей части в часы «пик» является фактором, влияющим на показатели продолжительности затора и количества ДТП.

Ключевые слова: *транспортный поток, час «пик», видеонаблюдение, перекрытие движения, затор, ДТП.*

L. Didkovskaya, S. Yanishevskiy, A. Terpelyuk
National Transport University

ASSESSEMENT OF THE IMPACT OF PERIODIC TRAFFIC DISTURBANCES (SHUTOFFS) ON THE FUNCTIONING OF THE TRANSPORT NETWORKS IN KIEV (CASE OF PATON BRIDGE).

It is found that any traffic shutoff on the Paton bridge during the morning peak hours leads to a congestion and significantly increases the likelihood of an accident. It is shown that the roadway carpet condition under the carriageway shutoff during the peak hours is a factor affecting the congestion duration and the number of accidents.

Keywords: *traffic shutoff, congestion, traffic conditions, traffic accident, peak hours, loading level, video surveillance.*

Актуальність розробки

Транспорт є неподільною частиною будь-якого суспільства. Він надає йому різні послуги, що мають особливу цінність. Корисність цих послуг оцінюють за конкретними критеріями (швидкість, своєчасність, комфортабельність, економічність, тощо) відповідно до мети, якій служить транспорт. Крім того, транспорт надає людині можливість використовувати і споживати різні матеріальні та духовні цінності, які є продуктом суспільної виробничої і невиробничої діяльності або надається їй самою природою. [1]

Київ — місто з населенням 2 908 тис. чол. (станом на 01.03.2016 р) [2]. Офіційно в місті зареєстровано понад 800 тис. автомобілів, проте разом з транзитним рухом та транспортом з інших регіонів їх кількість складає понад 1200 тис. одиниць; таким чином, на 1 тисячу мешканців міста припадає приблизно 420 автомобілів. Хоча це відносно небагато (наприклад, в м.Лос-Анджелес (США) показник рівня автомобілізації більш ніж вчетверо більший), для м.Києва навіть такий показник є критичним (як вважають фахівці в галузі містобудівництва, причиною цього є недостатньо розвинена транспортна система [3]).

Таким чином, на даний час в м.Києві має місце суттєва диспропорція між потребами автомобільного міського руху та можливостями вулично-дорожньої мережі (ВДМ) з точки зору забезпечення належного рівня її пропускної здатності. Як наслідок — за даними КМДА, щодня в місті виникає в середньому близько 70 заторів і т.з. «тягнучок». [4]

За кордоном з проблемою заторів мешканці міст зіткнулися 15-20 років тому. Американці та японці боролися з ними за допомогою інженерних рішень - розширення ВДМ, спорудження багатоярусних транспортних розв'язок, позавуличних паркінгів. Ноу-хау м.Нью-Йорка (США) — квадратні квартали і система паралельних вулиць з одностороннім рухом, м.Токіо (Японія) — багаторівневі (іноді - до 5) вулиці та дороги. Німецька влада також використала досвід Японії -

© Л.С. Дідківська, С.В. Янішевський, Г.Ю. Терпелюк

протягом останніх кількох років мерії великих міст здійснюють реконструкцію мережі для мінімізації кількості перехресть на одному рівні.[5]

Збільшення кількості транспортних засобів (ТЗ) в умовах обмеженого розвитку ВДМ спонукає шукати прихований потенціал вже існуючих методів управління. В той же час, певні досягнення за рахунок застосування управління рухом нівелюються як випадковими, так і плановими періодичними збуреннями на ВДМ міста. Останні знаходять своє відображення, зокрема, у випадку перекриття руху на окремих ділянках мережі.

Мета, об'єкт та задача дослідження

Враховуючи суттєвий вплив збурень (перекриттів) окремих ділянок ВДМ на рівень ефективності та безпеки дорожнього руху, **метою** даного дослідження стало вивчення окремих негативних наслідків збурень (перекриттів) руху на мосту ім.Патона у ранкові години «пік» за різних дорожніх умов.

Об'єктом дослідження став рух транспортного потоку (ТП) по мосту ім.Патона в нормальних умовах та при наявності тимчасового перекриття для пересування ТЗ.

Основною **задачею дослідження** стало визначення окремих кількісних показників впливу перекриття руху у ранкові години «пік» на параметри затору та кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Методика проведення дослідження

Як відомо, ТП визначають як рух ТЗ один за одним або у сусідніх смугах у тому ж напрямку. На процес формування та характеристики руху такого потоку впливають багато факторів, серед яких можна виділити ті, що пов'язані з оточуючим середовищем та дорожніми умовами. В свою чергу, важливим показником формування ТП потоків на вулицях і дорогах міста є наявність чітко виражених піків інтенсивності (об'ємів руху).

Як свідчить багаторічна світова практика, одним з найбільш достовірних, зручних та ефективних методів дослідження (фіксації) більшості основних характеристик руху ТП на окремих ділянках ВДМ є відеоспостереження.

У більшості сучасних мегаполісів працюють автоматичні системи контролю та управління. Вони складаються з аналітичного центру, який систематизує інформацію про стан мережі та руху, численних відеокамер на дорогах та інформаційних табло; інколи додаються автоматичні шлагбауми, які управляють реверсними та додатковими смугами на автошляхах. Хоча такі системи обходяться дорого (біля $500 млн.), вони є дешевшими, ніж будівництво нових шляхів сполучення, та забезпечують досить суттєве (до 15%) поліпшення умов руху.

Інтелектуальні системи управління руху транспорту в найбільших містах Південної Кореї діють у режимі on-line та забезпечують збір даних про рівень завантаженості ВДМ, швидкість потоків, ДТП і умови для руху. Фіксація характеристик руху здійснюється за допомогою датчиків, встановлених в покритті проїзної частини та вздовж ВДМ, а спеціальні відеокамери дають змогу підрахувати кількість ТЗ. Вся зібрана інформація аналізується і передається водіям за допомогою радіо, Інтернету і дорожніх табло [6].

Система фотоспостереження на дорогах Польщі (стаціонарні та мобільні (переносні) пристрої) дає можливість зафіксувати не лише номерний знак ТЗ, але і обличчя водія (на випадок, якщо за кермом знаходиться не його власник). Також на знімку можна бачити – чи пристебнутий водій ременями безпеки і чи не розмовляє він по телефону.

В Європі, як правило, перед ділянкою з наявним пристроєм (радаром, камерою) спостереження обов'язково встановлюють попереджувальний дорожній знак (наприклад, у Німеччині та Фінляндії – за 300-500 м до місця розташування пристрою). Інколи знаки встановлюють для профілактики порушень – камери (радару) у вказаному місці може не бути.

В Англії використання радарів регулюється законом про захист інформації, виходячи з якого камери повинні знаходитися на видному місці, а їх місцезнаходження має позначатися відповідним знаком. Але цих умов почали дотримуватися не відразу. Тільки 2001 року британські автолюбителі, завдяки підтримці Національної автомобільної асоціації, домоглися того, щоб всі радари набули яскраво-жовтого кольору і перед ними було встановлено попереджуючі знаки. [6]

Для оцінки умов руху ТП в процесі даного дослідження використовувались дані зі стаціонарних камер відеоспостереження, які працюють в рамках реалізації програми інтернет-ресурсу «Яндекс.Затори» [7] (результати оцінки умов руху викладаються на сайті www.videoprobki.ua [8] у вигляді відповідної схеми (див. рис. 1)).

© Л.С. Дідківська, С.В. Янішевський, Г.Ю. Терпелюк



Рисунок 1. **Інформація про стан руху та наявність заторів і ДТП в м. Києві [7]**

Результати дослідження

Міст ім.Патона в м.Києві експлуатується з 1953 року; він призначений для автомобільного руху; його загальна довжина складає 1543 м, загальна ширина – 21 м; загальна кількість смуг руху – 7 (по три смуги для руху в кожному напрямку, одна (центральна) – для реверсивного руху) [9].

Міст ім.Патона, як і решта мостів через р.Дніпро в м.Києві – традиційний проблемний фокальний пункт ВДМ, оскільки він є одним з небагатьох елементів забезпечення автодорожнього зв'язку між право- та лівобережною частинами міста. Враховуючи певний соціальний поділ, що склався (правий берег – переважно діловий, лівий – переважно спальний), щодня сотні тисяч мешканців міста зранку переїжджають з лівого берега на правий, а ввечері – рухаються в зворотному напрямку, тобто ТП на мосту протягом доби мають суттєву нерівномірність руху за напрямками [6].

Окрім наскрізного прямолінійного руху через міст (пр-т Воз’єднання – бул.Дружби Народів), в'їзд (виїзд) на міст ім.Патона здійснюються з транспортних розв'язок, які знаходяться на обох берегах р.Дніпро безпосередньо перед мостом (правий берег – з Набережного шосе та Наддніпрянського шосе, Лівий берег – з Русанівської набережної та Дніпровської набережної). На зазначених ділянках в'їзду (виїзду) часто виникають проблеми забезпечення пропускної здатності, які, окрім того, можуть додатково ускладнюватись одиночними чи ланцюговими ДТП (попутними зіткненнями чи наїздами), що виникають внаслідок значного ущільнення руху.

Безпосередньо для аналізу в рамках даної роботи використовувались дані відеоспостереження за рухом по мосту ім.Патона (див. рис.2). Збір інформації здійснювався протягом трьох місяців поспіль в будні дні (з 7:30 до 09:00) за умов перекриття руху (з’їзду) з мосту ім.Патона на правий берег р.Дніпро та без такого перекриття. Всього в рамках даного дослідження узагальнені дані про 90 заторів тривалістю від 8 до 80 хвилин. До уваги приймались відносний показник умов руху (рівень завантаження рухом), наявність (відсутність) ДТП безпосередньо на мосту, а також стан покриття проїзної частини на мосту та підходах до нього (сухе чи вологе).

© Л.С. Дідківська, С.В. Янішевський, Г.Ю. Терпелюк

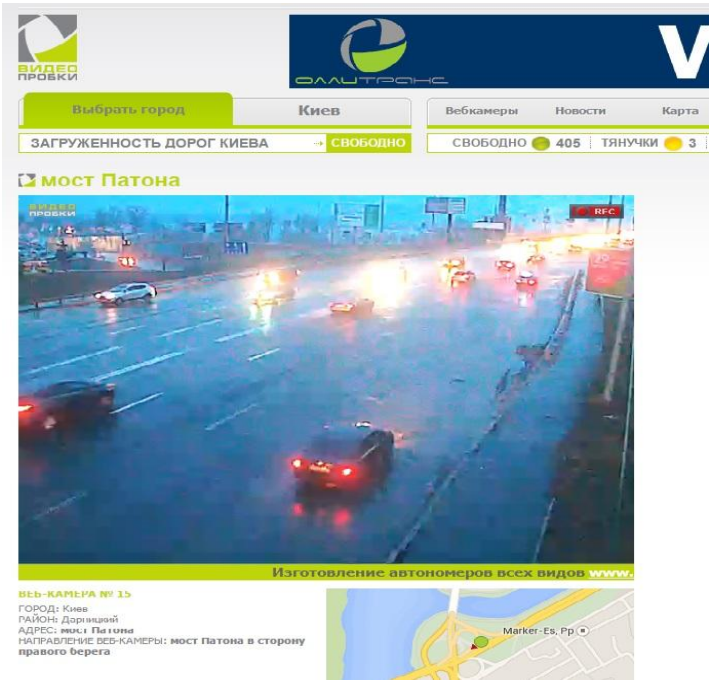


Рис. 2 – **Фрагмент відеоспостереження (виїзд на міст ім. Патона з боку Лівого берега) [8].**

Зауважимо, що вищевказаний відносний показник умов руху (рівень завантаження) визначався згідно методики, що використовується програмою [9], за такою п'ятибальною шкалою:

1 – незначний рівень, вільний рух без ускладнень;

2 – середній рівень, постійний зв'язаний рух;

3 – середній рівень, ущільнення руху та утворення ускладнень («тягнучок»);

4 – виникнення затору, скоєння ДТП;

5 – високий рівень, скоєння декількох ДТП одночасно.

5. Висновки

За результатами проведеного аналізу по суті даного дослідження були зроблені наступні висновки (див. рис. 3,4):

- наявність перекриття руху (з'їзду) з мосту ім.Патона на Правий берег р.Дніпро в ранкові години «пік» при наявності сухого покриття проїзної частини призводить до виникнення заторів середньою тривалістю близько 22 хвилин; при цьому в цей час на мосту у середньому відбувається одна ДТП;

- наявність перекриття руху (з'їзду) з мосту ім. Патона на Правий берег р. Дніпро в ранкові години «пік» при наявності вологого покриття проїзної частини призводить до виникнення заторів середньою тривалістю близько 35 хвилин і збільшення середньої кількості ДТП до 2;

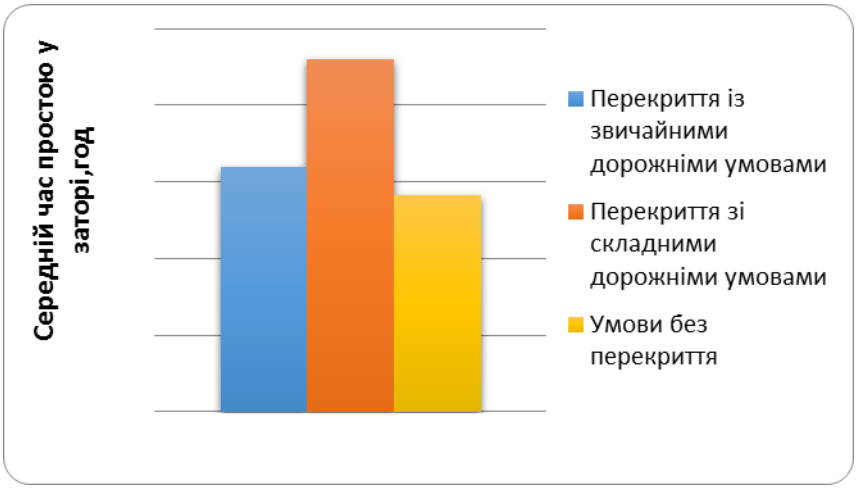


Рис.3. **Середня тривалість простою в заторі на мосту ім.Патона**

© Л.С. Дідківська, С.В. Янішевський, Г.Ю. Терпелюк



Рис. 4. **Загальна кількість ДТП на мосту ім. Патона за весь період спостережень**

- за відсутності перекриття руху на даній ділянці мосту ім.Патона середня тривалість затору не перевищує 10-15 хвилин і значно зменшується кількість ДТП (у середньому 0,5 за годину);

- основними факторами, що впливають на середню швидкість руху по мосту ім.Патона, є умови руху та наявність ДТП (якщо при незначному та середньому рівні завантаження (рівні 1,2) та відсутності ДТП середня швидкість складає близько 12,0-16,0 км/год, то ускладнення руху (рівень 3) та наявність ДТП призводить до зниження швидкості в 2,5-3 рази (до 4,6-5,0 км/год); в свою чергу, подальше збільшення завантаження до рівня 4,5 (появи затору) в сукупності з виникненням на мосту ДТП взагалі призводить до практичної зупинки потоку (швидкість не перевищує 2,4 – 3,0 км/год).

Таким чином, будь-яке перекриття руху на мосту ім.Патона в ранкові години «пік» призводить до виникнення затору та суттєво (в 1,5…2 рази) збільшує імовірність скоєння ДТП.

Література

1. Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн. / За заг. ред. М.Ф.Дмитриченка.- Київ: Знання України, 2005. - Кн. IV: Організація дорожнього руху /Е.В.Гаврилов, М.Ф.Дмитриченко, В.К.Доля та ін. – 452с.

2. Головне управління статистики в м.Києві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=1123&lang=1

3. ДП «Інститут Генерального плану м.Києва» ПАТ «Київпроект» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://genplan.kiev.ua/inst.htm

4. Київська міська державна адміністрація. Офіційний інтернет-портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kievcity.gov.ua

5. Д.Беспалов. Моделювання транспортного потоку на перетинах в різних рівнях. – Режим доступу: https://bespalov.me/2014/01/08/modelyuvannya-transportnogo-potoku-na-peretynah-v-riznyh-rivnyah

6. Іноземний досвід фото і відеофіксації на дорогах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://taksi.at.ua/news/2009-06-27-157

7. Детальна карта Києва: затори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://yandex.ua/maps/143/kyiv/https://maps.yandex.ua

8. Карта Киева (пробки). Інтернет-портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://videoprobki.ua/camera/15-most-patona

9. Міст Патона. Вікіпедія - вільна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Міст_Патона

Стаття надійшла до редакції 12.04.2016

© Л.С. Дідківська, С.В. Янішевський, Г.Ю. Терпелюк

УДК 656.07

О.С. Дубицький, Н.С. Куцай
Луцький національний технічний університет

ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ АВТОТРАНСПОРТНОГО БІЗНЕСУ

У статті визначено теоретичні основи та методику інноваційної стратегії підприємств автотранспортного бізнесу, проаналізовано етапи її здійснення. Проведено зовнішній та внутрішній аналіз середовища підприємств, шляхом здійснення порівняльного SWOT-аналізу. Сформовано інноваційну стратегію розвитку підприємств автотранспортного бізнесу, запропоновано шляхи її практичної реалізації.

***Ключові слова**: інновація, інноваційна стратегія, місія, цілі, завдання, SWOT-аналіз, конкурентоспроможність, автотранспортний бізнес.*

А.С. Дубицкий, Н.С. Куцай
Луцкий национальный технический университет

ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ АВТОТРАНСПОРТНОГО БІЗНЕСУ

У статті визначено теоретичні основи та методику інноваційної стратегії підприємств автотранспортного бізнесу, проаналізовано етапи її здійснення. Проведено зовнішній та внутрішній аналіз середовища підприємств, шляхом здійснення порівняльного SWOT-аналізу. Сформовано інноваційну стратегію розвитку підприємств автотранспортного бізнесу, запропоновано шляхи її практичної реалізації.

***Ключові слова**: інновація, інноваційна стратегія, місія, цілі, завдання, SWOT-аналіз, конкурентоспроможність, автотранспортний бізнес.*

A. Dubytskyy, N. Kutsai
Lutsk National Technical University

FORMATION OF INNOVATIVE ENTERPRISE DEVELOPMENT STRATEGY MOTOR BUSINESS

In the article the theoretical basis and methodology innovation strategy of enterprises motor business, the stages of its implementation. An analysis of the external and internal environment of enterprises, through comparative SWOT-analysis. Formed innovative development strategy motor business, the ways of its implementation.

***Keywords:** innovation, innovation strategy, mission, goals, objectives, SWOT-analysis, competitiveness, motor business.*

Актуальність проблеми. В сучасних умовах ринкових відносин розвиток будь-якого суб'єкта господарювання неможливий без стратегічного планування своєї діяльності, яке ґрунтується на основі результатів оцінки та аналізі середовища функціонування та визначає перспективні напрямки його розвитку. Однією з найбільш важливих за своїм стратегічним значенням для країни є галузь машинобудування. Стратегія розвитку підприємств автотранспортного бізнесу повинна мати інноваційний характер, тобто ґрунтуватись на основі новітніх найпрогресивніших здобутків. Саме інновації, випереджаючий розвиток високотехнологічних галузей, виробництво продукції і надання послуг зі значною часткою доданої вартості є тією рушійною силою, що здатна забезпечити довготривале економічне зростання. Особливого значення в цих умовах набувають проблеми формування ефективної системи управління інноваційними процесами на всіх рівнях. Розв'язання цих проблем обумовлює необхідність розробки відповідного теоретичного фундаменту та визначення підходів до вирішення задач інноваційних перетворень.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій. Вагомий внесок в розвиток інноваційної теорії здійснили такі вітчизняні вчені – економісти як В. Александрова, Ю. Бажал, Л. Безчасний, В. Геєць, З. Герасимчук, Н. Гончарова, Г. Калитич, Ю. Канигін, М. Козоріз, М. Школа та інші.

Серед зарубіжних авторів, хто безпосередньо займався окресленими проблемами, слід відзначити І. Ансоффа, П. Друкера, Е. Менсфілда, Г. Менша, Й. Шумпетера, А. Анчишкіна, Л. Бляхмана, С. Валдайцева, П. Завліна та інших.

Однак незважаючи на велику кількість робіт, присвячених даній тематиці, ще багато прикладних питань потребують теоретичного вирішення чи подальшого вдосконалення. Особливо це стосується проблеми вибору ефективної інноваційної стратегії та підходів до її реалізації в межах окремої галузі та на конкретно діючому підприємстві в умовах зростання впливу нових

© О.С. Дубицький, Н.С. Куцай

технологій на конкурентоспроможність підприємств, підвищення ролі нематеріальних активів та рівня інноваційного менеджменту.

Мета роботи. Поглиблення теоретичного обґрунтування сутності інноваційної стратегії розвитку підприємств автотранспортного бізнесу, визначення особливостей її формування та реалізації.

Викладення основного матеріалу дослідження з науковим авторським обґрунтуванням отриманих результатів. Розвиток будь-якого підприємства неможливий без вироблення ним стратегічних напрямків своєї діяльності, які ґрунтуються на нововведеннях, тобто мають інноваційний характер [1]. Стратегія розвитку підприємства базується на використанні науково-технічних досягнень у сфері організації, техніки і технології, дана стратегія націлена на спроможність підприємства використовувати комплексні інновації [2-5].

Процес формування інноваційної стратегії розвитку підприємства здійснюється за такими етапами (рис. 1.).

На основі запропонованої методики формування етапів здійснюємо проект інноваційної стратегії розвитку підприємств автотранспортного бізнесу:

1.Створюючи підприємство автотранспортного бізнесу, підприємець повинен визначити, чим воно буде відрізнятися від конкуруючих з ним підприємств. Необхідно подумати, як домогтися того, щоб транспортні послуги утвореного підприємства для населення виявилися більш привабливими, більш цінними. Значна частина підприємців і не замислюється над тим, що ці їхні дії вже є першим етапом формування стратегії розвитку свого підприємства.

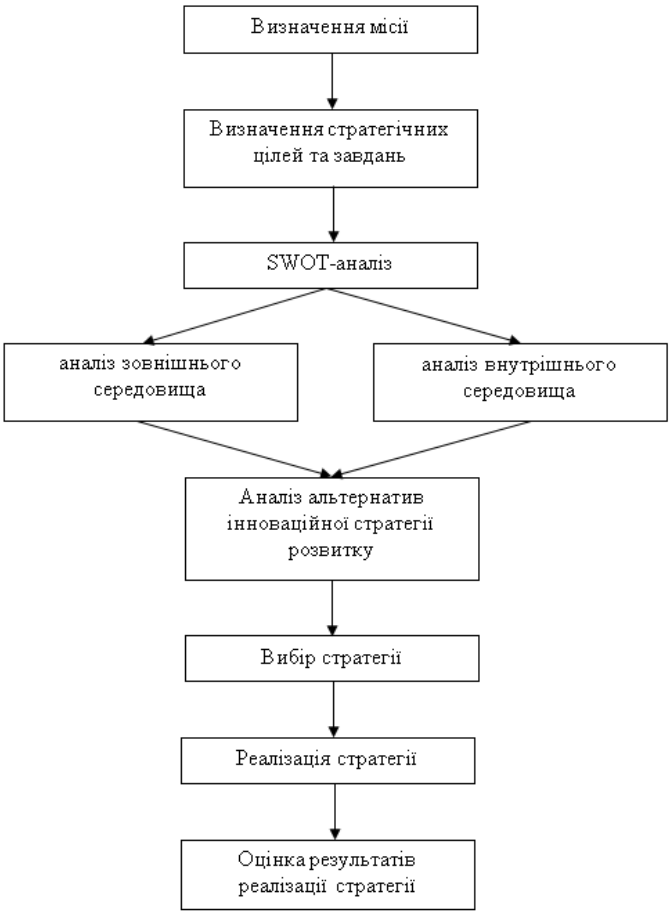


Рис. 1. **Етапи процесу формування інноваційної стратегії підприємств автотранспортного бізнесу**

Як тільки керівництво малого підприємства визначить, в чому полягає унікальність його самого, а також продуктів та послуг, можна вважати, що процес розробки стратегії підприємства увійшов в потрібне русло і пішов впевненим темпом. Керівництво підприємства, починаючи розробку стратегії розвитку, в першу чергу повинно визначити дві її складові – унікальна перевага (їх може бути кілька), а також бачення і місію підприємства. Місія підприємства повинна ґрунтуватися на потребах і перевагах споживачів (покупців), характеризувати свій продукт, його

відмінності та переваги від продуктів конкурентів на ринку. При розробці і формулюванні місії підприємства доцільна приблизно наступна послідовність дій: спочатку необхідно записати, що представляє собою підприємство, чим воно займається, який продукт виробляє і що це дає споживачам (покупцям). Потім все вищевикладене необхідно сформулювати коротко, у вигляді однієї-двох фраз. Це і буде місією підприємства. Наприклад: «Місія підприємства автотранспортного бізнесу полягає в наданні своїм клієнтам автотранспортних послуг високої якості на основі індивідуального підходу, доброзичливого і шанобливого ставлення до кожного клієнта». Сенс місії повинен надовго запам'ятати кожен співробітник підприємства і в своїй повсякденній діяльності керуватися її ідеями [6-7].

2. Після визначення місії перед підприємством повинні бути поставлені конкретні цілі та завдання, до досягнення яких воно повинно буде прагнути при виконанні стратегії. Досягнення поставленої цілі буде означати успішне виконання місії підприємства автотранспортного бізнесу. Спочатку керівник підприємства повинен поставити перед членами своєї команди завдання сформулювати по одній-дві цілі, яких повинно досягти підприємство протягом, наприклад, року-трьох років, і записати їх на папері або комп'ютері. Потім вся команда повинна зібратися, обговорити і уточнити подані цілі. Вони повинні бути сформульовані просто, коротко і зрозуміло. Наприклад: «необхідно, щоб через 2 роки бізнес підприємства можна було назвати успішним»; «Через 2 роки наше підприємство повинно володіти 25% ринку»; «Через 6 місяців наше підприємство повинно вийти на прибутковість бізнесу». Постановка глибоко обґрунтованих на основі всебічного стратегічного аналізу середовища цілей вимагає розробки стратегічних завдань підприємства автотранспортного бізнесу, вирішення яких дозволить підприємству досягти поставлених цілей.

3. Для визначення унікальних переваг підприємства можуть використовувати різні методи аналізу і перш за все метод SWOT-аналізу , що дозволяє зосередити увагу, усвідомити і виділити сильні сторони підприємства, його слабкі сторони, а також можливості і загрози. Дослідники і інші фахівці можливості цього методу оцінюють суперечливо, одні з них дають методу SWOT-аналізу високі оцінки, а інші взагалі заперечують його. Але є у цього методу кілька якостей, безперечно позитивних: а) він дозволяє визначити для підприємства позитивні та негативні сторони, можливості і загрози, на підставі яких встановити унікальні переваги, які в майбутньому необхідно буде зберігати і розвивати; б) метод активізує розумову діяльність керівництва з аналізу середовища підприємства і перш за все зовнішнього оточення. Навіть якщо метод SWOT-аналізу не дозволяє отримати відповіді на всі питання, що цікавлять, все ж з його допомогою можна з'ясувати всі основні сильні і слабкі сторони підприємства, його можливості та загрози у взаєминах із зовнішнім середовищем [8]. Тому використання методу SWOT-аналізу дозволяє підприємцю визначити основні орієнтири стратегії розвитку свого бізнесу хоча б на перші кілька років. При цьому сильні і слабкі сторони дають різнобічне уявлення підприємцю про внутрішній стан підприємства, відображають його позиції на ринку, рівень компетенцій співробітників, рівень розвитку і організації системи продажів, маркетингу і т. д. Можливості та загрози, з якими може зіткнутися підприємство, взаємодіючи із зовнішнім середовищем (з споживачами його продукції, постачальниками сировини матеріалів і комплектуючих, конкурентами, регулюючими органами влади, станом технологій в оточенні і т. д.), – це фактори, при використанні яких перед підприємцем відкриваються можливості отримання переваги і нейтралізації або значного ослаблення загроз.

4. На етапі здійснення аналізу альтернатив інноваційних стратегій розвитку підприємства ми аналізуємо альтернативні стратегії відповідно до класифікації за Х. Фрідманом, який виокремлює шість типів інноваційних стратегій: наступальна, захисна, імітаційна, залежна, традиційна, «за нагодою», зміст яких відображений у таблиці *1 [9 - 1 0]* .

5. На основі отриманих результатів попереднього SWOT-аналізу можна здійснити вибір інноваційної стратегії для підприємства автотранспортного бізнесу. На нашу думку, найоптимальнішою для даного підприємства може бути впровадження інноваційної стратегії “за нагодою”, оскільки вона ґрунтується на використанні інформації і можливостей, які виникають у зовнішньому середовищі, тобто діяльність підприємства автотранспортного бізнесу залежить від споживачів регіону, які формують попит на транспортні послуги, постачальників комплектуючих, державних органів влади, державних законодавчих та нормативних актів, міжнародний вплив.

© О.С. Дубицький, Н.С. Куцай

Таблиця 1.

Типологія альтернатив інноваційних стратегій

Тип інноваційної стратегії	Зміст інноваційної стратегії
Наступальна	Охоплює: активні НДДКР, орієнтована на маркетинг; стратегію злиття, стратегію придбання
Захисна	Відбиває реакцію підприємства на дії конкурентів і побічно – на потреби і поведінку споживачів.
Імітаційна	Пов’язана з копіюванням технології виробництва продукції фірм-піонерів і передбачає придбання ліцензії виробництва такого продукту.
Залежна	Відзначається тим, що характер інноваційних змін на підприємстві залежить від політики інших фірм, які виступають як основні у кооператійних технологічних зв'язках. “Залежні” підприємства не роблять самостійних спроб змінити свою продукцію, оскільки вони тісно пов'язані вимогами до неї провідного підприємства.
Традиційна	Означає відсутність технологічних змін на підприємстві. На таких підприємствах закріплюються певні інноваційні форми на тривалий період їх життєвого циклу. Традиційна інноваційна політика вважається інноваційною як осмислена відмова від оновлення продукції у результаті аналізу ситуації і стану конкурентів. Традиційна стратегія уникає власне інноваційної поведінки.
“За нагодою”	Пов’язана з використанням інформації і можливостей, які виникають у зовнішньому середовищі підприємства.

6. На етапі реалізації інноваційної стратегії “за нагодою” розвитку підприємства автотранспортного бізнесу визначаємо суть стратегії та пропонуємо шляхи її практичної реалізації:

- впровадження інноваційних технологій у виробничо-збутову діяльність за рахунок резерву стимулювання розвитку виробництва та залучених фінансових ресурсів шляхом емісії нових акцій та позикового капіталу у вигляді взяття лізингу або залучені інвесторів через інвестиційні тендери.

- підвищення продуктивності праці працівників шляхом ефективного та виправданого преміювання, заходів морального стимулювання та виплата соціальних пільг.

- запровадження інформаційного контролінгу за системою планування, фінансово-господарською діяльністю даного підприємства шляхом комп’ютеризації фінансово-економічної діяльності та встановленні дистанційного контролю за виконанням завдань, робіт та планів персоналом.

- покращення фінансово-економічних показників за рахунок зростання власних фінансових ресурсів, тобто збільшення економічного ефекту від діяльності, погашення позикових зобов’язань, а також здійснення заходів стосовно підвищення рентабельності наданих послуг, активів підприємства.

7. На останньому етапі формування інноваційної стратегії розвитку підприємства автотранспортного бізнесу передбачається порівняння отриманих фінансових результатів від практичної реалізації визначеної стратегії та витрат, що були здійсненні на її впровадження. Отримані в перспективі 5 наступних років фінансові результати від реалізації інноваційної стратегії розвитку повинні перевищувати витрати, що затратить підприємство на впровадження запропонованої стратегії, які можна спрогнозувати шляхом визначення показників ефективності інвестиційних проектів (чиста приведена вартість, коефіцієнт рентабельності інвестицій та термін окупності інвестиційних вкладень).

Висновки. У процесі формування інноваційної стратегії розвитку підприємства автотранспортного бізнесу ми здійснили аналіз усіх етапів його реалізації, та із представлених альтернатив обрали найоптимальнішу стратегію розвитку підприємства. Таким чином, стратегічним завданням підприємства автотранспортного бізнесу, як і будь-якого іншого, є перетворення його в максимально орієнтоване на клієнтів, на кращі бізнес-практики та стратегії в управлінні персоналом, в логістиці, виробництві, маркетингу, дистрибуції, системі якості,

© О.С. Дубицький, Н.С. Куцай

брендінгу, інформаційних технологіях. Також, для впровадження обраної стратегії подано шляхи її реалізації. У подальшому є можливість розробити кошторис впровадження інноваційної стратегії, визначити її доцільність шляхом визначення показників ефективності інвестиційних проектів.

Література

1. Про інноваційну діяльність: Закон України // Відомості Верховної Ради України. - 2002. - №36.

2. Бажал Ю.М. Економічна теорія технологічних змін.-К. :Заповіт, 2006,

3. Василенко В.О., Шматько В.Г. Інноваційний менеджмент: Навч.посіб. За ред. В.О. Василенко. - К.:ЦУЛ, Фенікс, 2003. - 440с.

4. Власова А.М., Краснокутська М.В. Інноваційний менеджмент: Навч.посібник. - К.:КНЕУ,1997. -92с.

5. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: Учебник. - М.: Экономистъ, 2004. - 528 с.

6. Герчикова И.Н. Менеджмент: Учебник. - М: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2001. - 502 с.

7. Гріфін Рікі В., Яцура В Основи менеджменту: Підруч. для студ. екон. спец. - Л.:БаК, 2001.-624 с.

8. Завадский Й. С. Основи менеджменту і бізнесу, 1998 - 512с.

9. Кузьмін О.С., Мельник О.Г. Теоретичні та прикладні засади менеджменту: Навчальний посібник. - Львів: Інтелект-Захід, 2003. - 352с.

10. Інноваційний менеджмент. Практикум для самостійного вивчення курсу/ А.С. Тельнов. - Хмельницький: ТУП, 2002. - 118с.

11. Олійник С.У. Менеджмент: навчальний посібник. - Харків, 1997 р.

12. Хміль Ф.І. Основи менеджменту: Підручник. - К.: Академвидав, 2003. - 608 с

Стаття надійшла до редакції 07.05.2016

© О.С. Дубицький, Н.С. Куцай

УДК 656.142

О.М. Єрмак
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РОЗСЕЛЕННЯ МЕШКАНЦІВ МІСТА НА ФОРМУВАННЯ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ

В статті розглядається врахування зміни таких параметрів розселення мешканців міста, як функція тяжіння та функція розселення на формування пішохідних потоків у центральній частині міста. В результаті експериментальних досліджень встановлено функціональний зв'язок між параметрами розселення мешканців міста та параметрами пішохідних потоків. Отримано математичну модель функції тяжіння з показником степені, що адекватна умовам руху.

***Ключові слова**: пішохідний потік, функція тяжіння, функція розселення*

Е.М. Ермак
Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.М. Бекетова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАССЕЛЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

В статье рассматривается учет изменения таких параметров расселения жителей города, как функция тяготения и функция расселения на формирование пешеходных потоков в центральной части города. В результате экспериментальных исследований установлено функциональную связь между параметрами расселения жителей города и параметрами пешеходных потоков. Получена математическая модель функции тяготения с показателем степени, адекватной условиям движения.

***Ключевые слова**: пешеходный поток, функция тяготения, функция расселения.*

O. Iermak
Kharkiv National University of Urban Economy

DEFINITION OF INFLUENCE PARAMETERS SETTLING THE FORMATION OF CITY RESIDENTS PEDESTRIAN FLOWS

It was established that the domestic availability of center affects a large set of factors, but the main role played by traffic conditions, proper organization of pedestrian traffic and the degree of concentration in certain time intervals. In particular, the article discusses the changes take into account parameters such resettlement of residents, as a function of gravity and settlement function in the formation of pedestrian flows in the downtown. As a result of experimental studies found a link between functional parameters of settlement residents parameters and pedestrian flows. Mathematical models feature gravity of the exponent that adequate traffic conditions.

***Keywords**: pedestrian flow, gravity function, the function of resettlement.*

Постановка проблеми. Пішохідний рух - найпоширеніший вид пересування людей по території міста. У той час коли автомобільні потоки досить добре вивчені, пішохідним приділяється менше уваги. Основна проблема цього завдання полягає в тому, що поведінка пішоходів важко описати, на відміну від поведінки водіїв, оскільки останні перебувають в транспортному засобі. Тому однією з актуальних проблем міст є організація пішохідних шляхів внутрішньоміських пересувань з урахуванням їх цілей і категорій населення [1, 2].

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 [3, 4].

Особливі умови формування транспортних та пішохідних потоків в центральній частині міста диктують специфічні вимоги до вулично-дорожньої мережі та організації руху. Ці вимоги полягають в наступному [5]:

1) створенні головної вулиці центральної зони;
2) врахування підвищеної кількості автомобілів індивідуального користування;
3) забезпечення максимальної доступності основних об’єктів тяжіння;
4) необхідності послідовного розподілу транспортних та пішохідних потоків.

Прийнята в вітчизняній транспортній та містобудівельній практиці концепція поєднання транспорту індивідуального та загального користування полягає в тому, що трудові переміщення в

© О.М. Єрмак

основному повинні здійснюватися транспортом загального користування, оскільки ці переміщення є найбільш масовими та зосередженими в часі, а в перевезеннях пасажирів по культурно-побутовим цілям значну участь буди приймати індивідуальний транспорт. Причому ця участь безперервно посилюється з загальним ростом автомобілізації. Оскільки тяжіння до громадського центру, в основному, викликано культурно-побутовими цілями, то саме в центральній зоні необхідно очікувати підвищення інтенсивності руху легких автомобілів та збільшення потреби в автостоянках [1, 3, 6].

Маршрут відвідувача від місця його перебування за межами центру до визначеної точки всередині нього складається з двох частин. Перша включає шлях до периферії центру чи до останньої зупинки на території центру в залежності від використання виду транспорту (загального користування чи індивідуального). Друга частина включає піший рух до визначеного місця в центрі. В тому випадку коли територія центру повністю знаходиться в зоні пішохідної доступності по відношенню до об'єкту тяжіння, розподіл переміщення на дві частини втрачає сенс і має суто теоретичний характер. При переміщенні в центр від більш віддалених зон міста в першій частині маршруту може відбуватися зміна видів транспорту [5].

На внутрішню доступність центру впливає велика сукупність факторів, але основну роль відіграють умови руху, правильна організація пішохідного руху та ступінь його концентрації у визначені відрізки часу [5, 7].

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення впливу зміни параметрів розселення мешканців міста на формування пішохідних потоків у центральній частині міста.

Результати досліджень. Для проведення експериментальних досліджень було обрано центральну частину м. Харкова, а саме частину вул. Сумської, обмежену станціями метрополітену «Історичний музей» та «Університет», включаючи площу Свободи та прилягаючі паркові зони (рис. 1). Для обстеження пішохідних потоків цю частину було розділено на 38 центрів тяжіння згідно обраної топологічної схеми.



Рис. 1. **Карта центральної частини м. Харкова**

Оцінка якості функціонування транспортної системи тісно зв'язана зі структурою кореспонденцій між усіма просторовими елементами міста. Розрахунок кореспонденцій - одна з центральних задач у всіх дослідженнях, які передбачають більш-менш істотні зміни в розподілі потоків на транспортній мережі. Матриці кореспонденцій являються важливою інформацією, що характеризує розподіл пішохідних та транспортних потоків по вулично-дорожній мережі. Вони широко використовуються в транспортному плануванні міст та при вирішенні завдань організації дорожнього руху [8, 9].

В класичному вигляді гравітаційна модель визначається залежністю:

$$b_{ij} = k \cdot HO_i \cdot HP_j \cdot f(\phi_{ij}), \quad (1)$$

де b_{ij} – потенційні кореспонденції між районами, що можуть бути отримані відповідно до повної аналогії гравітаційного закону;

HO_i – обсяг відправлення пасажирів із району *i* за розрахунковий період;

HP_j – обсяг прибуття пасажирів у район *j* за розрахунковий період;

$f(\phi_{ij})$ – функція тяжіння, яка відображає відстань або витрати часу та коштів на переміщення з району *i* у район *j*;

k – калібрувальний коефіцієнт.

При даному способі моделювання особливу увагу необхідно приділяти питанню формалізації функції тяжіння [8].

Класична функція тяжіння визначається виходячи з гіпотези про наявність зворотного зв'язку між величиною кореспонденції та відстанню між районами:

$$\phi_{ij} = l_{ij}^{-n}, \quad (2)$$

де l_{ij} - відстань між *i*-им та *j*-им районом;

n - показник степені.

Часто функцію тяжіння визначають як загальну оцінку жителями умов зв'язку між транспортними районами, як функцію витрат часу на переміщення за трудовими зв'язками. Це вносить деяку неясність у фізичне представлення цього параметра, його розмірності. Унаслідок цього дослідники визначали функцію тяжіння якісно, встановлюючи принципові залежності, забезпечуючи умови розмірності в подальших розрахунках шляхом конкретного підходу до використання тієї чи іншої залежності. Фізичний зміст функції тяжіння відбиває її стохастичне формулювання, що трактує її як імовірність того, що кількість мешканців району *i* (HO_i) вибере з імовірністю ϕ_{ij} переміщення в район *j* із ємністю по прибуттях HP_j .

В результаті моделювання були встановлені теоретичні значення кореспонденцій. Для порівняння отриманих результатів з експериментальними даними було використано показник середньої помилки апроксимації (табл. 1).

Табл. 1.

Значення похибки апроксимації для різних видів функції тяжіння

Модель	Похибка апроксимації, %
$\phi_{ij} = l_{ij}^{1}$	266
$\phi_{ij} = \exp(-0{,}065 \cdot l_{ij}^{0,5})$	749,9
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-0,5}$	465
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,1}$	55,3
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,2}$	30,5
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,3}$	8,58
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,4}$	24,7

Так встановлено, що функція виду $\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,3}$ має найменшу похибку апроксимації, а саме 8,58%, й відповідно її доцільно використовувати для практичних розрахунків. Графічно даний вид залежності представлений на рис. 2.

Як бачимо з графіка залежності функції тяжіння від показника степені відбувається різкий розрив в діапазоні від 50 до 200 метрів. Це й пояснює причину розбіжностей між

експериментальними та змодельованими даними при використанні різних значень показників степені.

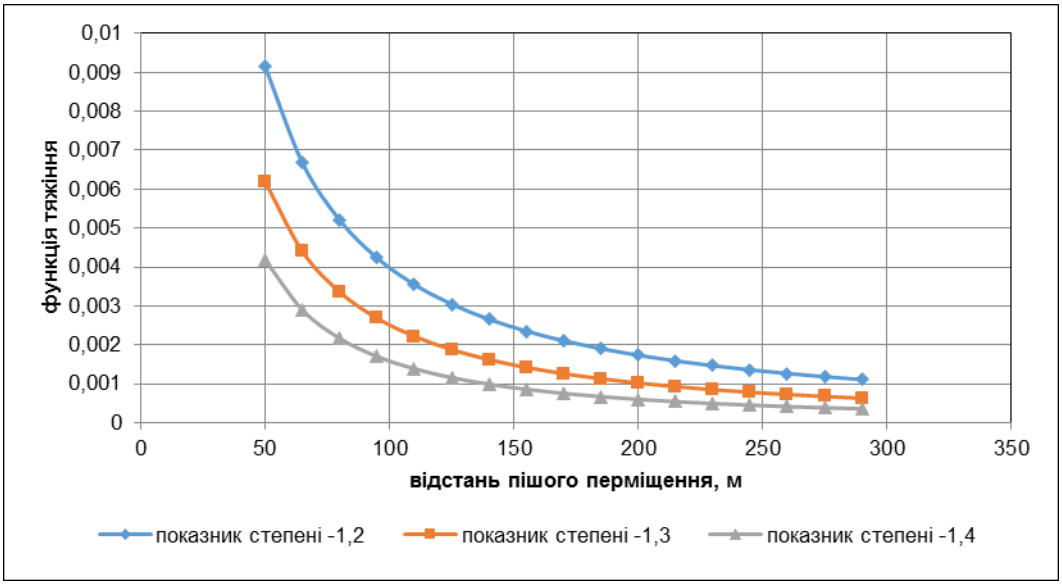


Рис. 2. **Графік залежності функції тяжіння від показника степені**

Висновки. Проведений аналіз впливів на формування пішохідних потоків показав, що на внутрішню доступність центру впливає велика сукупність факторів, але основну роль відіграють умови руху, правильна організація пішохідного руху та ступінь його концентрації у визначені відрізки часу.

Після проведених експериментальних досліджень та подальшого моделювання було сформовано уявлення про існуючі розбіжності та фактори, що їх визначають при переміщенні пішохідних потоків центральною частиною міста.

Література

1. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.

2. Markowski M. Modeling behavior in vehicular and pedestrian traffic flow / M. Markowski. – ProQuest, 2008. – 162 p.

3. Титов А.Л. Организация архитектурной среды и поведение человека / А.Л. Титов. – Екатеринбург: УГАХА, 2004. – 121 с.

4. Timmermans H. J. P. Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications: Models, Data Collection and Applications / H. J. P. Timmermans. – Emerald Group Publishing, 2009. – 358 p.

5. Велев П. Пешеходные пространства городских центров / пер. с болг. Д.П. Кривошеева: Под ред. В.В. Владимирова. – М.: Стройиздат, 1983. – 192 с.

6. Якимов М.Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах / М.Р. Якимов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 175 с.

7. Закирова Ю.А. Пешеходное движение как фактор воздействия на организацию городской среды / Ю.А. Закирова // Известия КазГАСУ. – 2008. – №1. – С. 25-29.

8. Erlander S. The Gravity Model in Transportation Analysis: Theory and Extensionses. / S. Erlander, N. Stewart. – VSP, 1990. – 226 p.

9. Seyfried A. Basics of modelling the pedestrian flow / A. Seyfried, B. Steffen, T. Lippert // Physica A: Statistical Mechanics and its Application. – 2006. – Vol. 368. – Is. 1. – P. 232-238.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2016

© *О.М. Єрмак*

УДК 656.13

М.М. Жук, В.В. Ковалишин, І.А. Кисіль
Національний університет «Львівська політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА БЕЗАВАРІЙНУ РОБОТУ ВОДІЯ

Представлено результати експериментальних досліджень зміни частоти та амплітуди ритмів електроенцефалограми, що характеризують стан водія, залежно від складності розумового навантаження. Наведено аналіз впливу різного виду інформаційного навантаження на можливість правильного прийняття рішення водієм під рас руху.

Ключові слова: *інформаційне навантаження, безаварійна робота, ритми електроенцефалограми.*

Н.Н. Жук, В.В. Ковалишин, И.А. Кысиль
Национальный университет «Львовская политехника»

ИНФОРМАЦИОННОЯ НАГРУЗКА КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА БЕЗАВАРИЙНУЮ РАБОТУ ВОДИТЕЛЯ

Представлены результаты экспериментальных исследований изменения частоты и амплитуды ритмов электроэнцефалограммы, характеризующие состояние водителя, в зависимости от сложности умственной нагрузки. Приведен анализ влияния различного вида информационной нагрузки на возможность правильного принятия решения водителем под час движения.

Ключевые слова*: информационная нагрузка, безаварийная работа, ритмы электроэнцефалограммы.*

M. Zhuk, V. Kovalyshyn, I. Kysil
National University "Lviv Polytechnic"

THE INFORMATION WORKLOAD AS A FACTOR OF INFLUENCE ON NO EMERGENCY WORK OF DRIVER

The results of experimental research frequency and amplitude of the rhythms that characterize the state of the driver, depending on the complexity of mental stress. The analysis of the impact of various types of information load on the possibility of a correct decision by the driver behind the wheel.

Keywords*: information workload, no emergency work, electroencephalogram rhythms.*

Постановка проблеми.

Наше життя не можна уявити без різноманітних потоків інформації. Ми стикаємося з ними у різних сучасних сферах життєдіяльності. Особливо гостро постає питання на даний час, оскільки розвиток реклами та маркетингу стимулює ще більше поширення інформаційних потоків у суспільному житті, які здійснюють безпосередній вплив на людей (водіїв).

Інформація - це сукупність відомостей (даних), які можна отримати із навколишнього середовища (вхідна інформація), а також видати у навколишнє середовище (вихідна інформація) або зберегти всередині певної системи. Інформація існує у вигляді: документів, креслень, рисунків, текстів, звукових чи світлових сигналів, електричних та нервових імпульсів тощо. Інформація, яка надходить до водія через органи чуття (зорові, слухові, тактильні) має значний вплив на водія та його безаварійну роботу [1]. За рахунок органів зору водій сприймає усі події та чинники, які виникають під час руху.

Однією з основних причин аварійності на вулично-дорожній мережі є недостатня професійна майстерність водіїв [1-2]. Із збільшенням впливу інформації на людину (водія) як у самому салоні автомобіля, так і поза його межами, зростає ймовірність виникнення аварійної ситуації або дорожньо-транспортної події (ДТП). Як відомо, більшість ДТП відбувається з вини водія, а не автомобіля чи дороги. Тому основою практично кожного ДТП є вплив психофізіологічних чинників у роботі самої людини (водія) [2]. Тому чим більший потік інформації надходить до водія, тим більше часу йому необхідно для його обробки та прийняття правильного рішення.

Сприйняття дорожніх умов та інформаційне навантаження вимагають постійної концентрації уваги водія. При надмірній кількості інформації, що надходить до водія, його увага стає розсіяною, в результаті чого це може спричинити аварійну ситуацію, або ДТП.

У зв’язку з цим, **метою даної роботи** є визначення впливу інформаційного навантаження на безаварійну роботу водія.

© М.М. Жук, В.В. Ковалишин, І.А. Кисіль

Результати досліджень. З усіх органів чуття, за допомогою яких людина (водій) сприймає інформацію про дорогу, варто зосередити увагу на зорових відчуттях. Оскільки 90% усієї інформації, що отримує водій під час керування транспортних засобом, є результатом зорового сприйняття.

Для визначення безаварійної роботи та психофізіологічного стану водія, залежно від інформаційного навантаження, застосовано комплекс «Нейроком» [3]. Даний комплекс дає можливість отримати запис електроенцефалограми (ЕЕГ) [4], на основі якого можна охарактеризувати вплив різних подразників на діяльність водія. Основними характеристиками запису ЕЕГ є частота та середня амплітуда α, β, θ, δ та γ ритмів [5]:

- альфа ритм найбільш виражений в задніх відділах мозку при закритих очах та в стані спокою. Він блокується при світловому роздратуванні, посиленні уваги і розумових навантаженнях;
- бета ритм найбільш виражений в лобових областях, зростає в ситуації уваги, при розумовому напруженні або емоційному збудженні;
- гамма ритм зростає при вирішенні завдань, що вимагають максимально зосередженої уваги;
- низькоамплітудні коливання дельта ритму можуть бути зареєстровані в стані спокою при деяких формах стресу і тривалої розумової роботи;
- тета ритм найбільш виражений під час неглибокого сну, дрімоти.

При підключенні до приладу «Нейроком» на голову водія одівається шолом, до якого кріпиться 21 електрод за певною схемою, рис.1. Кожен електрод пронумерований і відповідає за певну частину голови [4]. Так, наприклад у потиличній частині головного мозку розташовані нервові зони зору, у скроневій – зони слуху, нюху і смаку, в тім'яній - зона шкірної (холоду, тепла та тиску) та суглобово - м'язової (зміни напруження м'язів, руху суглобів) чутливості.



Рис. 1. Підключення комплексу «Нейроком» до водія

Для проведення експериментальної частини, за мету було поставлено дослідження зміни амплітуди та частоти ритмів ЕЕГ залежно від впливу різного інформаційного навантаження. Дане навантаження було реалізоване за допомогою раніше розробленої програми з визначення часу реакції водія [6]

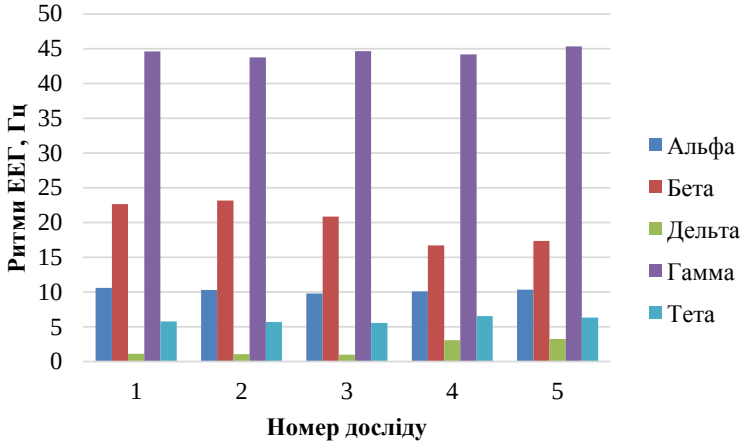


Рис. 2. **Зміна частоти ритмів ЕЕГ залежно від кількості дослідів (проходження тесту на просту реакцію)**

© М.М. Жук, В.В. Ковалишин, І.А. Кисіль

На першому етапі проводилась реєстрація ЕЕГ при проходженні тесту на просту реакцію, що тривала 1 хв., на другому – на складну реакцію, тривалістю 3 хв. Під час проходження тестів на просту та складну реакції у програмі комплексу «Нейроком» ставиться маркер, для того щоб у подальшому можна було проаналізувати момент прийняття водієм відповідного рішення (правильного або не правильного).

Проведено ряд досліджень, які показали зміну частоти ритмів ЕЕГ залежно від кількості інформаційного навантаження у простій та складній ситуації, рис. 2 та 3.

Із рисунка 2 можна зробити висновок, що частота ритмів ЕЕГ при впливі незначного інформаційного навантаження (проста реакція) практично не змінюються і знаходяться в межах: альфа ритм – 9,8 – 10,6 Гц; дельта ритм – 1,0 – 3,3 Гц; гамма ритм – 44,1 – 45,3Гц; тета ритм – 5,6 – 6,3 Гц; бета ритм – 16,7 – 23,2 Гц. Проте лише частота бета ритмів ЕЕГ спадає.

При проведенні досліджень впливу інформаційного навантаження на роботу водія, див. рис. 3, видно, що частота ритмів також знаходиться постійно в однакових межах: альфа ритми коливаються в межах 9,8 – 10,1 Гц; бета ритми спочатку спадають, та зі збільшенням розумового навантаження починають зростати (18,7 – 21,8 Гц); дельта ритми залишаються практично незмінними і коливаються в межах 1,2 – 2,9 Гц; гамма ритми змінюються у невеликих межах 43,1 – 45,5 Гц; тета ритми так як альфа, дельта та гама ритми показують мінімальні зміни і знаходяться в межах 5,4- 5,6 Гц.

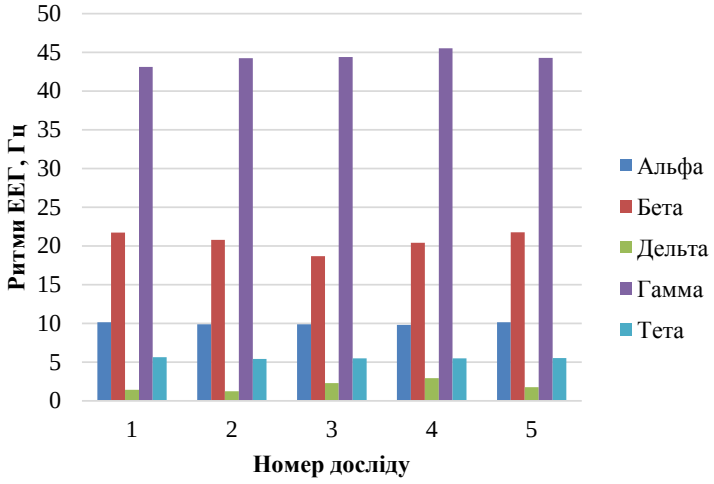


Рис. 3. **Зміна частоти ритмів ЕЕГ залежно від кількості дослідів (проходження тесту на складну реакцію)**

Наступний етап досліджень полягав у визначенні зміни амплітуди ритмів ЕЕГ залежно від кількості інформаційного навантаження у простій та складній ситуації, рис. 4 та 5.

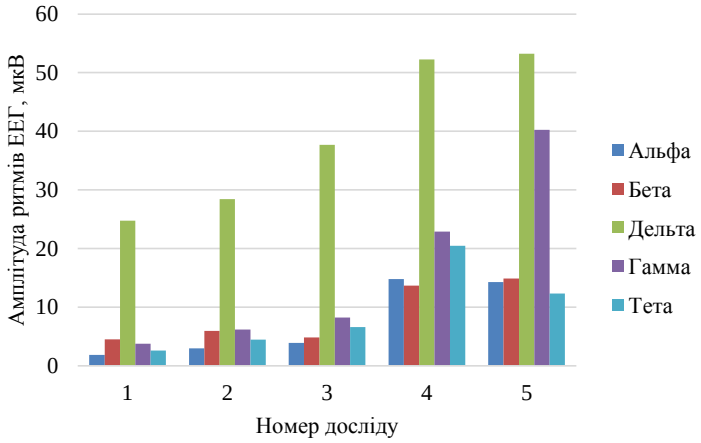


Рис. 4. **Зміна амплітуди ритмів ЕЕГ залежно від кількості дослідів (проходження тесту на просту реакцію)**

Видно, що амплітуда альфа ритмів при проходженні тесту на просту реакцію від першого до п'ятого досліду зростає у 8 раз. Амплітуда бета ритмів із кожним наступним дослідом зростає у 3

рази. В свою чергу амплітуда дельта та гамма ритмів ЕЕГ також зростають відповідно у 2 та 11 разів. Амплітуда тета ритмів до четвертого досліду зростає у 10 раз, проте на п'ятому досліді відносно четвертого спадає у 2 рази.

Характеризуючи зміни амплітуди ритмів ЕЕГ у складній ситуації, див. рис. 5, відносно п'яти дослідів можна стверджувати, що альфа ритми спадають в середньому на 40 %. Амплітуда бета ритму протягом досліджень то зростає то спадає в межах 30-35 %. Дельта ритм до третього досліду зростає у 1,5 рази, проте після цього різко спадає. Це свідчить про настання втоми. Амплітуда гамма та тета ритмів змінюється в межах 10-15 %.

На основі отриманих даних можна зробити наступний висновок. Амплітуда ритмів ЕЕГ відображає зміну психофізіологічного стану водія залежно від інформаційного навантаження. При проведенні досліджень спостерігалась посилена увага водія. Діяльність, яку він виконував супроводжувалась тривалим розумовим навантаженням, зосередженням уваги та емоційним збудженням.

Порівнюючи результати досліджень впливу інформаційного навантаження на безаварійну роботу водія у простій та складній ситуації спостерігаємо, що амплітуди альфа та гамма ритмів ЕЕГ практично не змінюється. Проте, у складній ситуації бета ритми ЕЕГ зростають на 24 %, дельта ритми на 10 % та тета ритми на 37%. Видно, що при збільшенні інформаційного навантаження показники, що відповідають за розумове навантаження зростають.

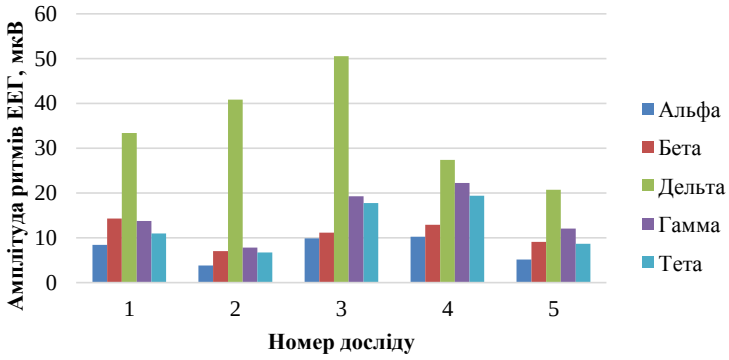


Рис. 5. **Зміна амплітуди ритмів ЕЕГ залежно від кількості дослідів (проходження тесту на складну реакцію)**

Висновки. Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити вплив інформаційного навантаження на роботу водія залежно від складності прийняття рішення. За допомогою комплексу «Нейроком» та комп'ютерної програми отримано значення частоти та амплітуди ритмів ЕЕГ, що характеризують стан водія, залежно від складності розумового навантаження. Дані дослідження показали важливість зорового сприйняття водієм потоку інформації.

Література

1. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения // Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993 – 271 с.

2. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг. ; пер. с нем. В. Б. Мазуркевич. – М. : Транспорт, 1989. – 367 с.

3. Компьютерная система электроэнцефалографии НейроКом: инструкция по эксплуатации / Национальный аэрокосмический университет «ХАИ». – Х., 2008. – 171 с.

4. Saroj K. L. Lal. Driver fatigue : Electroencephalography and psychological assessment / Saroj K. L. Lal., Ashley Craig // Psychophysiology. – 2002. – № 39/3. – P. 313 – 321.

5. Zhuk M. Defining Duration of Driver Reaction Time Components Using the NeuroCom Complex / M. Zhuk, V. Kovalyshyn, R. Tcir // EconTechMod. An international quarterly journal. – 2015. – Vol. 04, No. 2. – p. 39-44.

6. 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 30.04.2016

© М.М. Жук, В.В. Ковалишин, І.А. Кисіль

УДК 621.891

Д. Ю. Журавлев
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА

В материалах статьи проиллюстрировано расчет и проектирование фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза. Обосновано конструкцию и работу серийного ленточно-колодочного тормоза, показана кинематика и динамика спуска колонны бурильных труб с помощью основного и дополнительного тормоза и непосредственно представлена методика проектирование фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки.

Ключевые слова: *ленточно-колодочный тормоз, фрикционный узел, буровая лебедка, тормозная лента, фрикционная накладка, спуско-подъемный комплекс*

Д. Ю. Журавльов
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВУЗЛІВ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА

У матеріалах статті проілюстровано розрахунок і проектування фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм. Обгрунтовано конструкцію і роботу серійного стрічково-колодкового гальма, показана кінематика і динаміка спуску колони бурильних труб за допомогою основного і додаткового гальма і безпосередньо представлена методика проектування фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурової лебідки.

Ключові слова: *стрічково-колодкового гальмо, фрикційний вузол, бурова лебідка, гальмівна стрічка, фрикційна накладка, спуско-піднімальний комплекс.*

D. Zhuravlov
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

THE CALCULATION AND DESIGN OF UNITS FRICTION BAND-SHOE BRAKES

Features rig only shows its possible performance obtained by calculation in the design process, and the reliability and efficiency of tripping when creating complex installation take to determine its mode of operation. Last largely depends on the operating parameters of the friction shoe assemblies belt brake (main) and a hydrodynamic brake (optional). Hydrodynamic brake tripping complex rig performs the function of the auxiliary brake. In steady motion deflatable portion of the drill string speed varies depending on the filling level of the hydrodynamic brake fluid cavity. To coordinate the work of the hydrodynamic and band-shoe brake winch is necessary that the first brake shaft frequency does not exceed the limit speed winch drum. Value patterns of change in the angular velocity of the pulley belt drum brake allows you to communicate operating parameters with the parameters of its braking mechanical brake system, which ensure efficiency. The process of moving the hook block with round-MAST operations, the drill string is cyclical and consists of individual lifting and lowering cycles of the drill string, the length of multiples of one candle. Design parameters were brake band portion width, the thickness and the angle of wrap, and the portion of the tape strength and degradability. Knowing the angle of wrap brake band brake linings with a pulley rim possible to estimate static and dynamic coefficient overlapping on which depend the main operating parameters of the brake. The design parameters of the brake pulley determined using elements of geometrical theory of programming, taking into account the thermal currents circulating in the body of its rim, and the appearance of cracks on the working surface of the pulley rim due to thermal stress. Illustrated by way of performance evaluation of friction knots band-shoe brakes with subsequent determination of their design parameters.

Keywords: *band-shoe brake friction assembly, drawworks, brake band, friction lining, tripping complex.*

Состояние проблемы. Характеристики буровой установки показывает только ее возможную производительность, полученную расчетным путем в процессе проектирования, а надежность и работоспособность спуско-подъемного комплекса при создании установки принимают для определенного его режима эксплуатации. Последний в значительной степени зависит от эксплуатационных параметров фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза (основного) и гидродинамического тормоза (дополнительного).

На участке установившегося движения скорость спускаемой колонны бурильных труб изменяется в зависимости от уровня наполнения жидкостью полости гидродинамического тормоза (коэффициент λ_m). Для согласования работы гидродинамического и ленточно-колодочного тормозов лебедки необходимо чтобы частоты вала первого тормоза не превысила предельную частоту вращения барабана лебедки ($n^* \leq n_{пр}$), определяемой по формуле [1]:

© Д.Ю. Журавлев

$$n_{пр} = \frac{\frac{M_T}{k_T} - M_{вр}}{0{,}1J} - t_T, \quad (1)$$

где M_T - тормозной момент ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки:

$$M_T = \frac{(P_{\max} + G_T)D_{ср}}{2i_{TC}} \eta_{пв}\eta_{TC}, \quad (2)$$

k_T - коэффициент запаса торможения; $M_{вр}$ - вращающий момент, создаваемый под действием спускаемого веса; J - приведенный к подъемному валу барабана лебедки момент инерции вращающихся и поступательно движущихся масс; t_T - время торможения: P_{max} - допустимая нагрузка на крюке талевого механизма буровой установки; G_T - вес подвижных частей талевой системы; $D_{ср}$ - средний диаметр навивки каната на барабан лебедки; $\eta_{пв}$ - кпд подъемного вала лебедки; i_{TC}, η_{TC} - талевая система: передаточное отношение; кпд.

Перейдем к рассмотрению конструкции и работы серийного ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки.

Конструкция и работа серийного ленточно-колодочного тормоза. Остановимся на конструктивных особенностях и работе фрикционных узлов серийного ленточно-колодочного тормоза.

Согласно кинематической схеме (см. рис. 1 *а, б)* фрикционные накладки 3 установлены на тормозных лентах 2, которые одним концом (со стороны сбегающей ветви *(I)* ленты) прикреплены к балансиру 11, а вторым (со стороны набегающей ветви ленты) - к мотылевым шейкам 6 и 9 коленчатого вала 10.

Серийные ленточно-колодочные тормоза буровой лебедки работают следующим образом. Перемещением рычага 1 осуществляется поворот коленчатого вала 10 в результате которого бурильщик затягивает тормозные ленты 2 с фрикционными накладками 3 и они садятся на тормозные шкивы 4. Процесс торможения в ленточно-колодочном тормозе (см. рис. 1 *а*, *б*) характеризируется следующими стадиями: начальной (первой), промежуточной (второй) и заключительной (третьей). Остановимся на каждой стадии в частности.

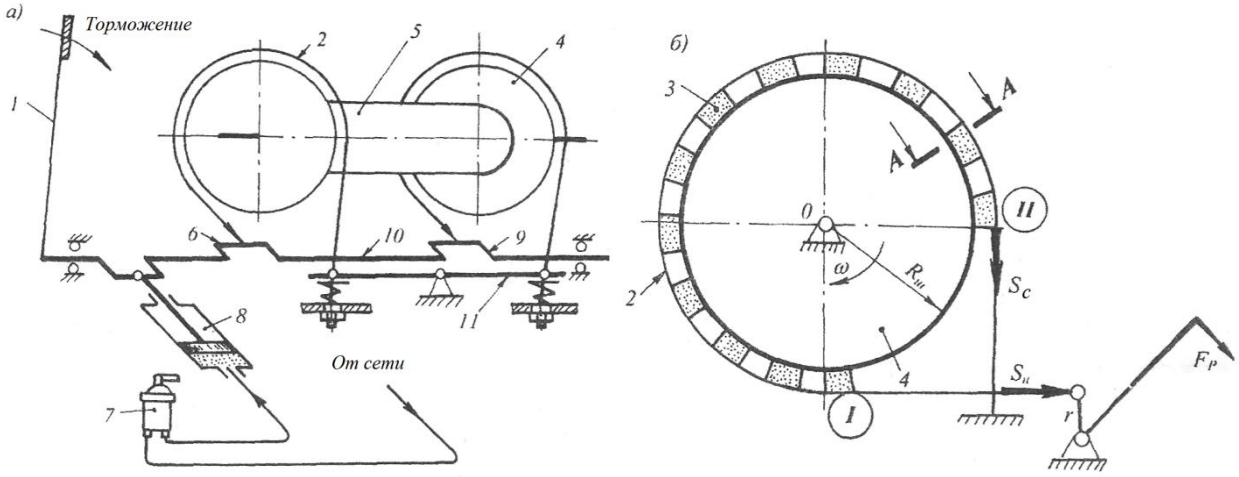


Рис. 1 а, б **Кинематические схемы ленточно-колодочных тормозов (*а, б*) буровой лебедки У2-5-5: 1 - рычаг управления; 2, 4 - тормозные ленты и шкивы; 3 - фрикционные накладки; 5 - барабан; 6, 9, 10 - мотылевые шейки коленчатого вала; 8 - пневматический цилиндр; 11 - балансир**

В начальной стадии торможения фрикционные накладки 3, размещенные в средний части тормозной ленты 2, взаимодействуют с рабочей поверхностью тормозного шкива 4. Фронт взаимодействий распространяется в сторону фрикционных накладок 3 набегающей ленты (*I*) тормозной ленты 2.

Промежуточная стадия торможения характеризуется дальнейшим распространением фронта взаимодействия в сторону фрикционных накладок 3 сбегающей ветви *(II)* тормозной ленты *2*.

Конечная стадия торможения характеризируется тем, что почти неподвижные накладки 3

тормозной ленты 2 взаимодействуют с рабочей поверхностью шкива 4, который вращается. Во время притормаживаний последовательность вхождении поверхностей трения в контакт повторяется. Полный цикл торможения завершается остановкой тормозных шкивов 4 с барабаном 5. Остановить тормозные шкивы 4 с барабаном 5 можно также подачей сжатого воздуха через кран 7 бурильщика в пневматический цилиндр 8, шток которого соединений с одной из мотылевых шеек коленчатого вала 10 тормоза. Величину давления сжатого воздуха в пневмоцилиндре 8 регулируют поворотом крана 7 бурильщика.

Кинематика и динамика спуска колонны бурильных труб с помощью основного и дополнительного тормоза. Гидродинамический тормоз в спуско-подъемном комплексе буровой установки выполняет функции вспомогательного тормоза.

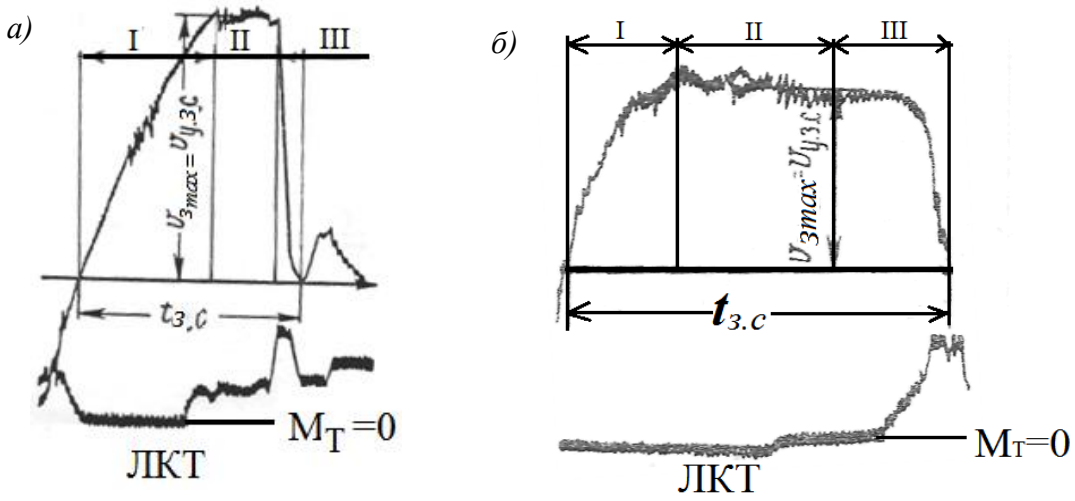


Рис. 2 а, б - **Разновидности трапецеидальных тахограмм спуска бурильной колонны на длину свечи: ЛКТ - ленточно-колодочный тормоз и развиваемый тормозной момент (M_T)**

На практике гидродинамическим тормозом пользуются после спуска первых 20-25 свечей бурильных труб, и при этом реализуется трапецеидальная тахограмма, состоящая из трех участков, соответствующих разгону, установившемуся равномерному движению и остановке спускаемой колонны труб с помощью фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки [1].

Приведенный на рис. 2 *а* режим спуска по трехпериодной (трапецеидальной) тахограмме реализуется с помощью ленточно-колодочного тормоза. Однако в этом случае тормоз используется не только для остановки системы, но и для поддержания установившейся скорости движения $\vartheta_{у.з.с} = \vartheta_{с\,max}$.

Трапецеидальная тахограмма (рис. 2 *б*) характеризуется совместным использованием гидродинамического и ленточно-колодочного тормозов, причем последний используется только на участке замедления.

При режиме спуска по трапецеидальной тахограмме (рис. 2 *а, б*) существуют три периода движения элеватора. В 1-й период происходит его разгон с ускорением $a_{р.з.с}$, во второй — движение с постоянной скоростью $\vartheta_{у.з.с} = \vartheta_{с\,max}$, в третий — остановка с замедлением $a_{з.з.с}$. Таким образом, при любом виде тахограммы режим спуска загруженного элеватора определяется максимальной скоростью спуска $\vartheta_{с\ max}$ и значениями $a_{р.з.с}$ и $a_{з.з.с,}$ характеризующими интенсивность разгона и торможения.

Из анализа профиля тахограмм (рис. 2 *а, б*) следует, что при втором режиме спуска $t_{з.с.}$ (продолжительность спуска загруженного элеватора) и $\vartheta_{с\,max}$, соответственно, намного больше и меньше, чем при первом режиме спуска бурильной колонны на длину свечи.

Перейдем к анализу кинематических и динамических параметров этапов цикла спуска колонны бурильных труб в скважину согласно табл. 1, в которой использованы следующие условные обозначения; $K_д$ - обобщенный коэффициент динамичности колонны бурильных труб, талевой и тормозной системы; $F_{Т1,3}$ - импульсная сила трения; $F_{дв}$ - движущая сила, которая

вызывает движение колонны бурильных труб в скважине при отсутствии вынуженного торможения; *m* - масса колонны бурильных труб.

Таблица 1

Кинематические и динамические параметры этапов цикла спуска колонны бурильных труб в скважину

Параметры	Этапы циклов		
	I-ий	II-ой	III-ий
Кинематические: Скорость, ϑ	$\vartheta=a_1 \cdot t_1$ (1)	При $\vartheta=\vartheta_{уст}$; $\vartheta_{уст}=a_1 \cdot t_1$ (2)	$V_{уст}$-aIII·t; (3)
Перемещение, X	$X_1=\frac{\vartheta_{уст}^2}{2a_1}$; (4)	$X_{II}=l-\frac{\vartheta_{уст}^2}{2}\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_3}\right)$; (5)	$X_{III}=\frac{\vartheta_{уст}^2}{2a_3}$; (6)
Суммарное время, t	$t_I=\frac{l}{\vartheta_{уст}}$; (7)	$t_{II}=\frac{l}{\vartheta_{уст}}-\frac{\vartheta_{уст}}{2}\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_3}\right)$; (8)	$t_{III}=\frac{\vartheta_{уст}}{a_3}$; (9)
Динамические: Система сил	$K_\partial F_{T1}=F_{дв}$-ma_1, При этом $F_{дв} \geq K_\partial F_{T1}$; $a>0$. (10)	$K_\partial F_{T1}=F_{дв}$; $a_2=0$; (11)	$K_\partial F_{T3}=F_{дв}$-ma_3 (12) $a_3<0$.
Работа трения	$A_1=K_\partial(F_{дв}-ma_1)\frac{\vartheta_{уст}^2}{2a_1}$;(13)	$A_2=K_\partial F_{дв}\left[1-\frac{\vartheta_{уст}^2}{2}\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$;(14)	$A_3=K_\partial\left(F_{дв}-ma_3\right)\frac{\vartheta_{уст}^2}{2a_3}$ (15)

Кинематические параметры этапов цикла спуска колонны бурильных труб в скважину описаны зависимостями (1-9).

На этапе I (этапе разгона) скорость крюкоблока увеличивается от нуля до ее определенного значение установившегося движения $\vartheta_{уст}$ (или 7), $a_1>0$.

На этапе II (этап установившегося движения) скорость движения крюкоблока почти не изменяется. Этот этап начинается в момент достижения скорости установившегося движения $\vartheta_{уст}$ и завершается в момент начала торможения колонны. Для этого этапа $a_2=0$.

На этапе III (этапе торможения) скорость движения крюкоблока уменьшается от скорости установившегося движения $\vartheta_{уст}$ до нуля. При этом в конце этапа торможения перемещения крюкоблока равно длине свечи *l*. Ускорение на этом этапе имеет отрицательный знак, $a_3<0$. Динамика движения крюкоблока во время спуска колонны бурильных труб описана зависимостями (10-12), а
также работа трения (зависимости 13-15) представлены в табл.1. Существенным при этом является то, что процесс перемещения крюкоблока при спуско-подьемных операциях колонны бурильных труб носит циклический характер и состоит из отдельных циклов спуска и поднимания колонны бурильных труб, кратных длине *l* одной свечи.

Значение закономерностей изменения угловой скорости шкива ленточно-колодочного тормоза позволяет установить связь эксплуатационных параметров его торможения с параметрами механической системы тормоза, которые обеспечивают его работоспособность [2].

Остановимся на квазилинейном законе снижения скорости тормозного шкива на участке замедления при спуске загруженного элеватора (без учета тормозного момента, который развивает гидродинамический тормоз). При этом эксплуатационные параметры тормозной системы группируем следующим образом.

Первая группа; режим вращения тормозного шкива; время торможения; натяжение ветвей тормозной ленты; закономерности изменения: допустимых удельных нагрузок в парах трения; тормозных моментов в парах трения; коэффициент запаса тормозного момента; закономерности изменения работы трения фрикционных узлов; усилие, которое прикладывается к рычагу управления тормозом; коэффициент полезного действия тормоза.

Вторая группа: коэффициент запаса прочности поперечного сечения тормозной ленты; деформация тормозной ленты; деформация фрикционной накладки; общая деформация элементов тормозной системы.

Третья группа: теплота, температура и их распределение по толщине обода тормозного шкива; интенсивность теплообмена; коэффициент распределения тепловых потоков во фрикционных узлах тормоза; тепловые деформации обода тормозного шкива и фрикционной накладки.

Четвертая группа: износ рабочих поверхностей фрикционных накладок от механического, электрического и теплового фактора.

Перечисленные выше эксплуатационные параметры фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза определены с помощью методов, предложенных в работе [3].

Проектирование фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки.

Фрикционный узел состоит из участка тормозной ленты, полимерной накладки и тормозного шкива.

Конструктивными параметрами участка тормозной ленты были: ширина, толщина и угол обхвата, а также участок ленты оцениваемый на прочность и поддатливость. Знание угла обхвата тормозной лентой с накладками обода тормозного шкива позволило оценить статический и динамический коэффициент взаимного перекрытия от которых зависят основные эксплуатационные параметры тормоза. Полимерная накладка была подвержена синтезу согласно метода, предложенного И. В. Крагельского, с последующим определением ее конструктивных параметров (ширины, толщины и угла обхвата). Конструктивные параметры тормозного шкива (диаметр, толщина и ширина) определялись с помощью элементов теории геометрического программирования [3] с учетом циркулирующих тепловых токов в теле его обода и возникновению микротрещин на рабочей поверхности обода шкива за счет температурных напряжений.

Выводы. Таким образом, проиллюстрированы пути оценки эксплуатационных параметров фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза с последующим определением их конструктивных параметров.

Литература

1. Винницкий М. М. Рациональное управление спуско-подъемными операциями/ М. М. Винницкий. - М.: Недра, 1978. - 252 с.

2. Ленточно-колодочные тормозные устройства / Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, Д.Ю. Журавлев [и др.]; Кубанский государственный технологический университет. - Краснодар - Ивано-Франковск: Изд-во Прикарпатского нац. ун-та им. В.Стефаника, 2013. - 441 с.

3. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок / А. Х. Джанахмедов, Д. А. Вольченко, Д. Ю. Журавлев [и др.] - Стандарт. - Баку: "Апостроф", 2016. - 312 с.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2016

© Д.Ю. Журавлев

УДК 629.366:662.76(066)

О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук
Луцький національний технічний університет

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА МТЗ-80 ПРИ РОБОТІ З ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ

Переведення мобільної техніки сільськогосподарських підприємств на природний газ дозволить значно скоротити витрати на паливо та підвищити ефективність роботи. Створення на базі дизелів газових двигунів, які мають найкращі економічні та екологічні показники, свідчить про переваги конвертації дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням. Однією з головних проблем переведення тракторної техніки на природний газ є розміщення необхідної кількості газових балонів без зміни експлуатаційних якостей і, в першу чергу, повздовжньої та поперечної стійкості. Було визначено координати центра ваги колісного трактора та касети з газовими балонами. В даному дослідженні касета з газовими балонами кріпиться в передній частині колісного трактора МТЗ-80 перед радіатором. Визначено граничний статичний кут підйому, граничний статичний кут схилу та граничний поперечний кут схилу. Встановлено, що розміщення газобалонного обладнання на колісному тракторі МТЗ-80 в його передній частині не призведе до значних змін параметрів стійкості. Всі граничні статичні кути стійкості відповідають технічним вимогам до трактора МТЗ-80. Таке компонування не збільшує центр ваги і не збільшує габаритні розміри по висоті колісного трактора.

***Ключові слова**: природний газ, газобалонне обладнання, центр ваги, кут стійкості.*

О.В. Захарчук, Н.А. Демидюк, М.И. Захарчук
Луцкий национальный технический университет

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА МТЗ-80 ПРИ РАБОТЕ С ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Перевод мобильной техники сельскохозяйственных предприятий на природный газ позволит значительно сократить расходы на топливо и повысить эффективность работы. Создание на базе дизелей газовых двигателей, которые имеют лучшие экономические и экологические показатели, свидетельствует о преимуществах конвертации дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием. Одной из главных проблем переоборудование тракторной техники на природный газ является размещение необходимого количества газовых баллонов без изменения эксплуатационных качеств и, в первую очередь, продольной и поперечной устойчивости. Были определены координаты центра тяжести колесного трактора и кассеты с газовыми баллонами. В данном исследовании кассета с газовыми баллонами крепится в передней части колесного трактора МТЗ-80 перед радиатором. Определен предельный статический угол подъема колесного трактора, предельный статический угол склона и предельный поперечный угол склона. На продольном подъеме в колесного трактора МТЗ-80 с установленным газобаллонным оборудованием увеличивается предельный статический угол подъема по сравнению с базисным на 14 %. На продольном склоне предельный статический угол склона уменьшается на 5,2 %. На поперечном склоне в колесного трактора с газобаллонным оборудованием предельный статический поперечный угол склона также уменьшается на 2 %. Установлено, что размещение газобаллонного оборудования на колесном тракторе МТЗ-80 в его передней части не приведет к значительным изменениям параметров устойчивости. Все предельные статические углы устойчивости соответствуют техническим требованиям к трактору МТЗ-80. Установки кассеты с газовыми баллонами в передней части трактора не увеличивает габариты трактора по высоте, что позволит беспрепятственный заезд в ворота ферм, теплиц, складов и других сельскохозяйственных сооружений.

***Ключевые слова**: природный газ, газобаллонное оборудование, центр тяжести, угол устойчивости.*

O. Zakharchuk, M. Demydiuk, M. Zakharchuk
Lutsk National Technical University

ESTIMATION STABILITY OF A WHEELED TRACTOR MTZ-80 WHEN WORKING WITH GAS EQUIPMENT

Changing mobile technology for agricultural enterprises on natural gas will significantly reduce fuel costs and increase efficiency of work. Creation based on diesel gas engines which have the best economic and environmental indicators, demonstrates the benefits of converting diesel engines into gas engines with spark ignition. One of the main problems of re-engineering tractors on natural gas is the placement of the required number of gas cylinders without changes in performance and, firstly, longitudinal and lateral stability. There were identified the coordinates of the center of gravity of the tractor and cassette gas cylinders. In this research, the cassette gas cylinders is mounted in front of the wheel tractor MTZ-80 in front of the radiator. Determined by the maximum static angle of elevation of a wheel tractor, the limit static angle of slope and maximum cross slope angle. In the longitudinal rise in a wheeled tractor MTZ-80 with installed gas-cylinder equipment increases by 14% the maximum static angle of elevation in comparison with the basic one. On the longitudinal slope limit static angle decreases by 5.2 %. On the transverse slope in a wheeled tractor with gas cylinder equipment static limit of the transverse angle of the slope is also reduced by 2 %. It is established that the placement of the CNG equipment on the wheeled tractor MTZ-80 in the front will not lead to significant changes in stability parameters. All of the limiting static stability angles correspond to the technical requirements for tractor MTZ-80. Installing the cassette with gas cylinders into the front of the tractor does not increase the size of the tractor at a height that will allow a smooth check-in at the gate farms, greenhouses, warehouses and other agricultural buildings.

***Keywords**: natural gas, gas equipment, the center of gravity, the angle of sustainability.*

© О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук

Вступ. Основним енергоносієм при виробництві сільськогосподарської продукції є дизельне паливо, яке використовується в двигунах тракторів, комбайнів, автомобілів та іншій техніці. В той час, коли ціни на нафтові палива безперервно зростають, ціна природного газу (ПГ) залишається меншою за ціну рідких моторних палив. Тому переведення мобільної техніки для роботи на більш дешевому ПГ дозволить значно скоротити витрати на паливо та підвищити ефективність роботи сільськогосподарських підприємств.

Аналіз основних досягнень і літератури. Переобладнання автотракторної техніки на ПГ відбувається наступними способами:

- переобладнання бензинових двигунів в двохпаливні бензогазові двигуни;
- переобладнання дизелів у газодизелі;
- конвертування дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням.

Переобладнання бензинових двигунів у газові є найбільш простим і дешевим. У даний час в сільському господарстві експлуатується певна кількість бензинових автомобілів (ГАЗ, ЗИЛ), які працюють на ПГ, але кількість таких автомобілів з кожним роком зменшується, у зв'язку із заміщенням бензинових двигунів дизелями на автомобільних заводах. Крім того, у процесі переобладнання бензинових двигунів у газові для роботи на природному газі, втрата потужності досить суттєва і становить близько 20 % [1].

Були зроблені спроби використання ПГ шляхом переобладнання дизелів у газодизелі (автомобілі КамАЗ, МАЗ та трактори К-700А, К-701, Т-150, МТЗ-80/82) [2, 3]. 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.

Створення на базі дизелів газових двигунів, які мають найкращі економічні та екологічні показники, свідчить про переваги конвертації дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням [4, 5, 6, 7].

Однією з головних проблем переведення тракторної техніки на ПГ є розміщення необхідної кількості газових балонів без зміни експлуатаційних якостей і, в першу чергу, повздовжньої та поперечної стійкості.

У роботі [8] досліджувалась стійкість трактора РТМ-160 при роботі в газодизельному циклі. Збільшення вертикальної і зменшення горизонтальної координати центра ваги трактора не приводить до значних змін стійкості. Крім того, встановлення газових балонів сприяє покращенню тягово-зчіпних властивостей трактора.

Газові балони при переобладнанні тракторів МТЗ-80/82 в більшості випадків можуть встановлюватись на даху кабіни трактора [9]. У роботі [10] виконувались дослідження стійкості газодизельного трактора МТЗ-82, при встановленні газових балонів над кабіною водія. Таке розташування балонів приводить до значного збільшення центра ваги трактора, внаслідок високого розташування балонів, що, в свою чергу, призводить до порушення стійкості колісного трактора і його перекидання. Так допустимий кут поперечної статичної стійкості зменшується на 2^0 до 33^0. Також збільшуються габарити трактора по висоті, що може утруднювати в'їзд в ворота сільськогосподарських споруд.

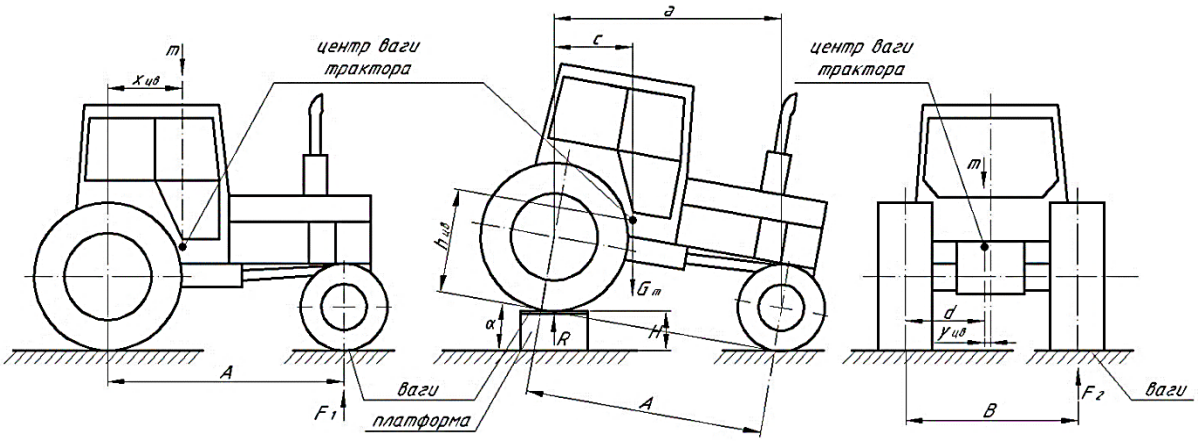
Тому дослідження параметрів стійкості колісного трактора МТЗ-80 з газовими балонами є актуальною задачею.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою дослідження є визначення стійкості колісного трактора МТЗ-80 з газовими балонами, які розташовуються в передній частині, під час руху в експлуатаційних режимах.

Результати дослідження. Для визначення статичних кутів стійкості колісного трактора необхідно знати координати його центра ваги. Координати центра ваги розраховуються згідно з ГОСТ 30750-2001 [11].

Згідно ГОСТ 30750-2001 центр ваги визначається методом вимірювання реакції опор при встановленні колісного трактора в трьох положеннях: горизонтальному, вертикальному похилому при піднятій задній частині та горизонтальному поперечному. Схеми для визначення координат центра ваги колісного трактора МТЗ-80 показані на рис. 1.

© О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук



а) б) в)

Рис. 1 – **Схеми для визначення координат центра ваги колісного трактора МТЗ-80: а – горизонтальної поздовжньої координати; б – вертикальної координати при піднятій задній частині трактора; в – горизонтальної поперечної координати**

Горизонтальна поздовжня координата (рис. 1, а) визначається по формулі:

$$x_{цв} = \frac{AF_1}{m}, \tag{1}$$

де A – база колісного трактора, мм;
F_1 – навантаження на передню вісь, кг;
m – маса трактора, кг.

Вертикальна координата (рис. 1, б) при піднятій задній частині колісного трактора визначається по формулі:

$$h_{цв} = \left(\frac{(G_m - R) \cdot A}{G_m} - x_{цв} \right) \cdot ctg\alpha, \tag{2}$$

де G_m – вага трактора, Н;
R – реакція на задні колеса трактора зі сторони платформи, Н;
α – кут встановлення колісного трактора на платформі, град.

Для визначення горизонтальної поперечної координати необхідно визначити навантаження F_2, яке створюється правим заднім колесом колісного трактора та розрахувати відстань положення центра ваги з використанням колії трактора:

$$d = \frac{B \cdot F_2}{m}, \tag{3}$$

де В – колія колісного трактора, мм;

Горизонтальна поперечна координата (Рис. 1, в) визначається по формулі:

$$y_{цв} = \frac{B}{2} - d, \tag{4}$$

В результаті вимірювань отримані наступні значення координат центра ваги колісного трактора МТЗ-80:

- горизонтальна поздовжня координата центра ваги $x_{цв}$ = 855 мм;
- вертикальна координата $h_{цв}$ = 1025 мм;
- горизонтальна поперечна координата $y_{цв}$ = 7 мм.

Для переобладнання колісного трактора МТЗ-80 для роботи на ПГ використовуються металопластикові полегшені балони БМПФ 50-20 об'ємом 50 л. Довжина балона 800 мм, диаметр – 335 мм, маса пустого балона 35,5 кг, маса заправленого балона 49 кг, робочий тиск 20 МПа.

Для кріплення балонів в передній частині трактора виготовляється спеціальна металева конструкція – касета. Маса касети для установки балонів – 30 кг. В касеті розміщується три балони. Маса касети з запраленими балонами рівна 177 кг.

© О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук

В даному дослідженні касета з газовими балонами кріпиться в передній частині колісного трактора МТЗ-80 перед радіатором. Таке компонування не збільшує центр ваги і не збільшує габаритні розміри по висоті трактора.

Координати центра ваги касети з газовими балонами визначаються за формулами:

- координата центра ваги касети з газовими балонами по осі X:

$$x_{цв} = \frac{\sum\left(G_{iкб} \cdot x_{iкб}\right)}{\sum G_{iкб}}, \tag{5}$$

де $G_{iкб}$ – вага і-го елемента, касети з газовими балонами, Н;
$x_{iкб}$ – координата центра ваги і-го елемента по осі X.

- координата центра ваги касети з газовими балонами по осі Y:

$$y_{цв} = \frac{\sum\left(G_{iкб} \cdot y_{iкб}\right)}{\sum G_{iкб}}, \tag{6}$$

де $y_{iкб}$ – координата центра ваги і-го елемента по осі Y.

- координата центра ваги касети з газовими балонами по осі Z:

$$z_{цв} = \frac{\sum\left(G_{iкб} \cdot z_{iкб}\right)}{\sum G_{iкб}}, \tag{7}$$

де $z_{iкб}$ – координата центра ваги і-го елемента по осі Z.

Схема визначення координат центра ваги касети з газовими балонами показана на рис. 2.

Для оцінювання граничних кутів стійкості колісного трактора МТЗ-80 при його роботі на ПГ необхідно розглянути його рівновагу на підйомі, на ухилі та на поперечному ухилі.

На рис. 3 показана схема для визначення граничного статичного кута підйому колісного трактора МТЗ-80. Перекидання відбувається, коли передні колеса колісного трактора повністю розвантажуються і нормальна реакція $R_з$=0.

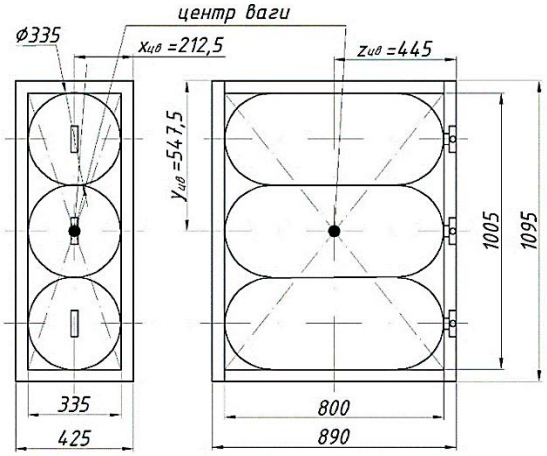


Рис. 2 – **Координати центра ваги касети з газовими балонами**

Граничний статичний кут підйому визначається за формулою:

$$\alpha_{під} = arctg\frac{G_т \cdot x_{цв} + G_{кб} \cdot x_{цвкб}}{G_т \cdot h_{цв} + G_{кб} \cdot h_{цвкб}}, \tag{7}$$

де $G_т$ – сила тяжіння колісного трактора, Н;
$x_{цв}$ – горизонтальна поздовжня координата колісного трактора, мм;
$G_{кб}$ – сила тяжіння касети з газовими балонами, Н;
$x_{цвкб}$ – горизонтальна координата центра ваги касети з газовими балонами, мм;
$h_{цв}$ – вертикальна координата центра ваги колісного трактора, мм;
$h_{цвкб}$ – вертикальна координата центра ваги касети з газовими балонами, мм.

© О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук

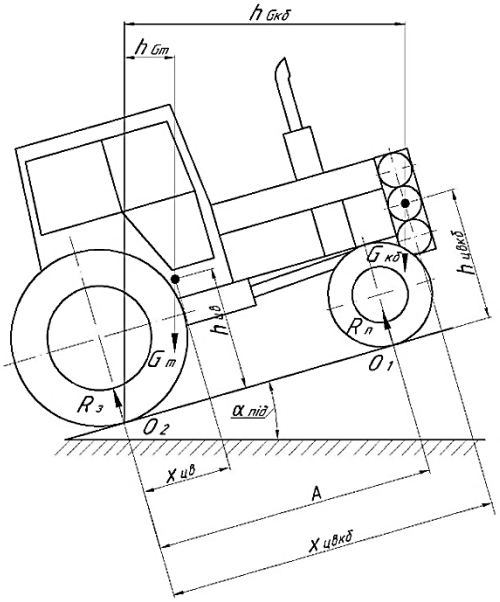


Рисунок 3 – **Схема для визначення граничного статичного кута підйому колісного трактора МТЗ-80 з газовими балонами**

Граничний статичний кут схилу визначається за формулою:

$$\alpha_{схил} = arctg \frac{(G_m + G_{кб}) \cdot A - G_m \cdot x_{цв} - G_{кб} \cdot x_{цвкб}}{G_m \cdot h_{цв} + G_{кб} \cdot h_{цвкб}}, \tag{8}$$

де A – база колісного трактора, мм;

Граничний поперечний кут схилу визначається за формулою:

$$\beta_{схил} = arctg \frac{0,5 \cdot B \cdot (G_m + G_{кб})}{G_m \cdot h_{цв} + G_{кб} \cdot h_{цвкб}}, \tag{9}$$

де B – колія колісного трактора, мм;

Вирази (7), (8), (9) дозволяють визначити граничні статичні кути стійкості колісного трактора МТЗ-80 при роботі на ПГ. Також за допомогою цих виразів визначались граничні статичні кути стійкості колісного трактора без касети з газовими балонами. Результати розрахунків граничних статичних кутів стійкості колісного трактора показані на рис. 4.

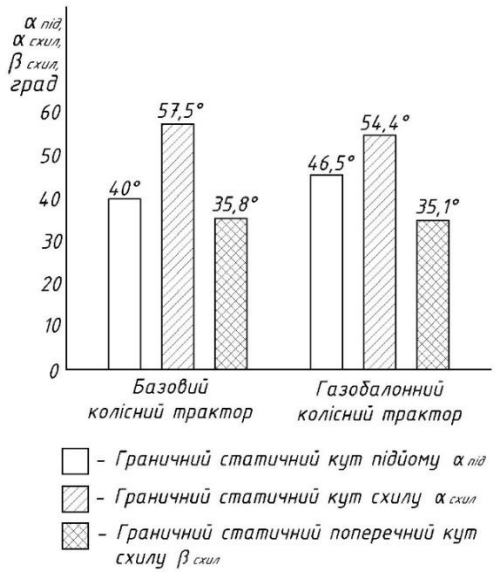


Рисунок 4 – **Результати розрахунків параметрів стійкості колісного трактора МТЗ-80**

© О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук

З рис. 4, видно, що на поздовжньому підйомі в колісного трактора МТЗ-80 з встановленим газобалонним обладнанням збільшується граничний статичний кут підйому на 14 % з 40^0 – базовий колісний трактор до $46,5^0$ в газобалонного. На поздовжньому схилі граничний статичний кут схилу зменшується в порівнянні з базовим на 5,2 %, з $57,5^0$ до $54,4^0$. На поперечному схилі в колісного трактора з газобалонним обладнанням граничний статичний поперечний кут схилу також зменшується на 2 %, з $35,8^0$ до $35,1^0$.

Висновки. Таким чином, встановлення газобалонного обладнання на колісному тракторі МТЗ-80 в його передній частині не призведе до значних змін параметрів стійкості. Всі граничні статичні кути стійкості відповідають технічним вимогам до трактора МТЗ-80, які мають бути не менше 35^0. Встановлення касети з газовими балонами в передній частині трактора не збільшує габарити трактора по висоті, що дозволить безперешкодний заїзд в ворота ферм, теплиць, складів та інших сільськогосподарських споруд.

Література

1. Луканин В.Н. Сравнительный анализ конвертации жидкотопливных двигателей в двигатели, питаемые природным газом / В.Н. Луканин, А.С. Хачиян, В.Е. Кузнецов // Экология двигателей и автомобиля. – М.: НАМИ. – 2001. – С. 97–103.

2. Льотко В. Применение альтернативных топлив в ДВС / В. Льотко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 331 с.

3. Основенко Н.Е. Газобаллонный трактор / Н.Е. Основенко, Ю.В. Сиянко, А.Е. Попов // Тракторы и сельськохозяйственные машины. – 1992. – № 10. – С. 25–27.

4. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: монографія / В.П. Матейчик. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.

5. 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.

6. Абрамчук Ф.И. Опыт конвертации дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием / Ф.И. Абрамчук, А.М. Лавтеров // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2008. – №21. – С.86–92.

7. Гайворонский А.И. Перевод дизеля КАМАЗ–740,13–260 на газовое топливо / А.И. Гайворонский, Г.С. Савельев // Грузовик. – 2006. – №6. – С. 16–20.

8. Загородских Б.П. Устойчивость трактора РТМ-160 при работе в газодизельном цикле / Б.П. Загородских, Ю.А. Коцар, В.В. Володин, И.Д. Нагматулин, И.М. Коростышевский // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – №3 (21). – С. 45-46.

9. Савельев Г.С. Сельськохозяйственные тракторы, работающие на метане / Г.С. Савельев, А.Д. Шапкайц, В.В. Подосинников, А.А. Медведев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – №5 (35). – С. 7–13.

10. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива: автореф. дис. на соискание наук докт. техн. Наук / Г.С. Савельев. – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. – 2011. – 43 с.

11. Тракторы сельськохозяйственные. Определение положения центра тяжести: ГОСТ 30750-2001 (ИСО 789-6-82). Введ. 01.11.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 10 с. – (Межгосударственный стандарт).

Стаття надійшла до редакції 06.05.2016

© О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук

УДК 677.01

Н.М. Защепкіна, Я.О Ященко, Ю.С. Гречуха. Н.Р. Тєрєнтьєва
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО СПОСОБУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПИЛОЄМНОСТІ МАТЕРІАЛІВ

Вдосконалення методу визначення пилоємності текстильних матеріалів за допомогою телевізійної інформаційної вимірювальної системи (ТІВС).

Розроблена методика дослідження коефіцієнта пилоємності матеріалів, яка базується на використанні стандартних засобів дослідження та використання нових інформаційних систем ТІВС. Для практичного використання методу дослідження та контролю якості матеріалів дану методику впроваджено в навчальний процес.

***Ключові слова**: методика, пилопроникність, телевізійна інформаційна вимірювальна система, якість.*

Защепкина Н.Н., Я.О. Ященко, Ю.С. Гречуха, Н.Р.Терентьева
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО СПОСОБА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЫЛЕЕМКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Совершенствование метода определения пилеемкости текстильных материалов с помощью телевизионной информационной измерительной системы (ТИВС).

Разработана методика исследования коэффициента пилеемности материалов, основанная на использовании стандартных средств исследования и использования новых информационных систем ТИВС. Для практического использования метода исследования и контроля материалов данную методику внедрены в учебный процесс.

***Ключевые слова**: методика, пилеемкость, телевизионная информационная измерительная система, качество.*

N. Zashchepkina, Y. Yashchenko, U. Hreshyha, N. Teren'eva.
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

USING A NEW METHOD TO CONTROL VAPOR DUST CSPSCITY MATERIALS

Improving the method of determining textile materials' dust capacity. using television information measuring system (TIVS).

The method of the study factor dust capacity materials based on the use of standard tools of exploration and use of new information systems TIVS. For practical use of the research method and the control method of this material are introduced into the educational process.

***Keywords**: methodology, dust capacity, television information measuring system performance*

Постановка проблеми. Визначенню залежності пилоємності від структури текстильних матеріалів, які використовуються для захисту людини від впливу пилу на її здоров'я, шляхом застосування сучасних технологій контролю якості присвячена дана робота. Розроблена методика дослідження коефіцієнта пилоємності матеріалів, яка впроваджена в навчальний процес.

Ключові слова: пилоємність, контроль, точність, телевізійна інформаційна вимірювальна система, якість.

Постановка проблеми. Дорожній пил, що складається з дрібнодисперсних часток (інакше – РМ-частинок), негативно впливає на органи дихання людини. Але саме дорожній пил у великих містах практично завжди містить в собі токсичні речовини, які пов'язані з транспортом. Частково це зношені покришки. Сучасний матеріал покришок може нести небезпеку для організму, якщо він потрапляє всередину, бо це не природна гума, це безліч хімічних сполук. Крім того, є вихлопи автомобілів, які містять не тільки газоподібну частина, але і тверді частинки, які точно так само осідають на дорогах і теж є частиною пилу. Ці викиди містять безліч небезпечних речовин

Вплив техногенного стану навколишнього середовища на людину, захист її від негативного впливу середовища дає можливість прогнозування і запобігання різних захворювань. Для запобіганню захворювань органів дихання людини, в якості захищаючих засобів застосовуються текстильні матеріали.

Властивості текстильних матеріалів насамперед зумовлюються волокнистим складом та особливостями будови (ступінь заповнення, щільність, варіація волокон за довжиною, вид переплетення, характер поверхні, термостійкість). Комбінації цих різних властивостей по-різному відбиваються на стійкості до їх експлуатації та відповідним чином позначаються на енергії зв'язку забруднюючих часток з волокнами і ступенем їх проникності в капілярну структуру матеріалів.

© Н.М. Защепкіна, Я.О Ященко., Ю.С. Гречуха., Н.Р. Тєрєнтьєва

Актуальність роботи полягає у дослідженні пилоємності текстильних матеріалів за допомогою телевізійної інформаційної вимірювальної системи (ТІВС), для контролю гігроскопічних властивостей текстильних матеріалів з більшою точністю та швидкістю вимірювання.

Текстильні матеріали здатні пропускати і утримувати в своїй структурі частинки пилу [3]. Це призводить до забруднення і, як наслідок, до захворювань, які пов'язані з дією пилу на організм людини. Дія пилу на шкіру та слизові оболонки проявляється в закупорці вивідних протоків сальних і потових залоз, розвитку мацерації шкіри, слизових оболонок, виникненню піодермій, алергії, а ліпотропні складові пилу можуть всмоктуватися, викликаючи загально токсичну дію. Тому проблема підвищення якості вимірювання властивостей текстильних матеріалів є актуальною.

Метою роботи є удосконалення способу визначення пилоємності текстильних матеріалів за допомогою телевізійної інформаційно-вимірювальної системи.

Об'єкт дослідження – процес визначення пилоємності текстильних матеріалів.

Предмет дослідження – методика визначення пилоємності текстильних матеріалів.

Результати досліджень. Наукова новизна роботи полягає у вдосконаленні методу вимірювання пилоємності текстильних матеріалів за допомогою телевізійної інформаційно – вимірювальної системи, шляхом збільшення точності вимірювання та визначення закономірного впливу структури на пилоємність текстильних матеріалів.

Для експериментального дослідження був обраний пил з різною концентрацією аерозольних частинок та різною поверхневою щільністю. Дослідження проводилося за лінійної швидкості фільтрації 20 см/с. У аерозольній камері підтримувалася концентрація аерозольних часток 0,5 – 1 г / м^3.

Показники пилоємності визначались шляхом засмоктування пилу через матеріал за допомогою пилососа, який має різні розміри частинок. Методом зважування визначено кількість пилу, який осів на матеріалі.

Запилення експериментальних зразків проводилося в три етапи.

На першому етапі запилення проводилося до значення перепаду тиску ΔP , так як $P_1 = 0$, вдвічі перевищує початковий перепад, тобто визначалася так звана стандартна величина пилоємності для даної швидкості фільтрації. На другому етапі зразок зважувався і знову встановлювався на експериментальну установку. Запилення проводилося до значення $\Delta P_1 = 250$ Па, що відповідає рекомендованому значенню кінцевого перепаду тиску для фільтрів грубої очистки (фільтри класу G1-G4) по ГОСТ Р 51251-99[5]. Потім знову проводилося зважування зразка.

На початку проведення експериментальних досліджень початковий тиск $P_1 = 0$.

$$F = m \cdot V_n \tag{1}$$

Максимальне значення тиску роботи насосу без пилу:

$$P_{\max 1} = \frac{m \cdot V_n}{S} \tag{2}$$

де m – маса повітря без пилу;
S – площа зразка, мм^2;

$$P_{\max 2} = \frac{m \cdot V_n}{S} \tag{3}$$

де m – маса повітря з пилом;
S – площа зразка, мм^2.
Розрахуємо ΔP_{max}:

$$\Delta P_{\max} = P_{\max 2} - P_{\max 1} \tag{4}$$

де P_{max1} – максимальне значення тиску при прокачуванні повітря без пилу;

P_{max2} – максимальне значення тиску при прокачуванні повітря з пилом.

Похибка Δ:

$$\Delta = P_{max\,2} - P_1 \quad (5)$$

Досліджуванні зразки відрізняються різною поверхневою щільністю (71–200 г/м^2), товщиною (табл. 1), повітропроникністю, об'ємною щільністю, які впливають на фільтруючі характеристики[10.]

Визначення поверхневої щільності:

$$M = m \cdot 1000 \cdot 1000/(LB) \quad (6)$$

де m – маса зразка тканини, г;

L – довжина тканини зразка, мм;

B – ширина зразка тканини, мм

Показник пилоємності характеризує здатність текстильних матеріалів пропускати пил. Частинки пилу проникають крізь матеріал в тим же шляхом, що і повітря: через наскрізні пори матеріалу. Утримуються частинки пилу в структурі матеріалу внаслідок механічного зчеплення їх з шорсткою поверхнею матеріалу. Матеріал пухкої пористої структури з волокон з нерівною поверхнею має здатність захоплювати більшу кількість пилу і утримувати її більш тривалий час, ніж матеріал щільної структури, що складається з волокон з гладкою поверхнею.[12-18].

Таблиця 1

Зразки текстильних матеріалів

Назва матеріалу	Коефіцієнт поверхневої щільність, %
1. Бавовняна тканина:	71
а) полотняне переплетення;	200
б) саржеве переплетення;	182
в) атласне переплетення;	167
г) сатинове переплетення.	125
2.Синтетична тканина (підкладка)	111
3. Трикотажне полотно	182

З табл. 1 видно, що найбільший коефіцієнт щільності має полотняне переплетення бавовняної тканини, а найменший коефіцієнт має саржеве переплетення трикотажної тканини.

Експерименти проводилися при лінійних швидкостях фільтрації 20 см / с при високих концентраціях аерозолю (близько 1 – 2 г / м^3) відомого дисперсного складу (діаметр основної маси частинок 0.3 – 0.6 мкм). Стандартна пилоємність (маса спійманого пилу при збільшенні аеродинамічного опору в два рази) склала для різних зразків 15 – 100 г / м^2. Зразки з полотняним переплетенням показали max значення коефіцієнта пилоємності, а зразки з атласним переплетенням – min значення коефіцієнта. Максимальний приріст при запиленні до $\Delta P_к$ на одному із зразків склав 325 г / м^2.

Досліджуванні зразки відрізлись різною поверхневою щільністю (71 –308 г/м^2), товщиною, повітропроникністю, об'ємною щільністю, які впливають на фільтруючі характеристики.

Дослідження фільтруючих характеристик різних видів і типів полотна проводилися на стендовій установці з використанням дорожнього пилу з питомою поверхнею 5600 см^2 / г і певним дисперсним складом за розмірами частинок (1 – 90 мкм).

Основні фільтруючі характеристики матеріалів представленні в табл.2.

Коефіцієнт повітропроникності, що характеризує ефективність очищення, коливається у зразків в великих межах: від 3,2% до 32,6%. Максимальний розмір часток, які пройшли через випробовувані зразки становить 43 – 90 мкм при середньому значенні 66,5 мкм. ГОСТ Р 51251-99 рекомендує значення кінцевого аеродинамічного опору: 250 Па - для фільтрів грубої очистки; 450 Па - для фільтрів тонкого очистці 2[22].

Затримуюча здатність пилу до досягнення кінцевого аеродинамічного опору характеризується як шламовою (поверхневої), так і глибинної (всієї товщею структури)

фільтрацією, тому значення пилоємності, тобто кількість «впійманого» пилу, що накопичився в зразку, коливається в діапазоні 157 –403 г / м^2.

Таблиця 2

Основні фільтруючі характеристики текстильних матеріалів (зразків).

Матеріал	Пористість, %	Коефіцієнт повітропроникності, дм^3 дм^2 с	Відносна пилоємність, %
1. Бавовняна тканина:	86,5	18,8	26,8
а) полотняне переплетення;	70,2	32,6	18,5
б) саржеве переплетення;	23,8	8,7	0
в) атласне переплетення;	69,8	3,2	0,1
г) сатинове переплетення.	78,7	28,2	39,4

Чим пухкіші трикотажні полотна випробувані полотно, тим більше значення пилоємність. Дрібні частинки пилу, заповнюючи пористі шари, здатні утворювати пилові просвіти у вигляді волокон, джгутів і ін. Таким чином, ефективність очищення, пилоємність і аеродинамічна характеристика досліджуваного зразка є тісно пов'язаними показниками, що визначають властивості текстильних матеріалів.

Отримані розрахункові та експериментальні дані можуть бути використані при розробці нових фільтроматеріалів і для визначення найбільш ефективних сфер їх використання, а також при розробці обґрунтованих вимог до різних типів фільтруючих матеріалів.

За результатами досліджень була отримана математична модель та побудовані графіки залежності коефіцієнту запиленості текстильних матеріалів від їх щільності та повітряпроникності (рис. 1,2). Коефіцієнті кореляції r = 0,89 , похибка S = 5%, що є припустимими для текстильних матеріалів.

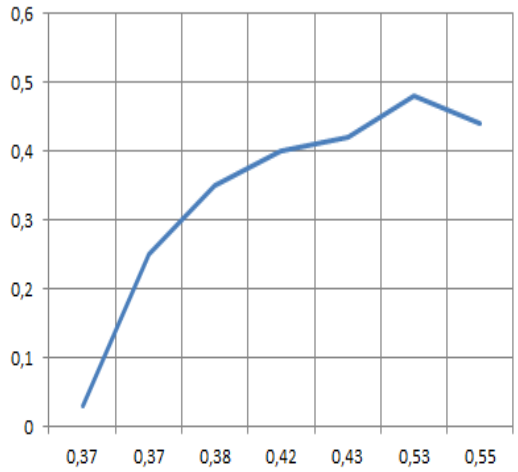


Рис. 1 – **Графік залежності провітрпроникності від товщини зразка.**

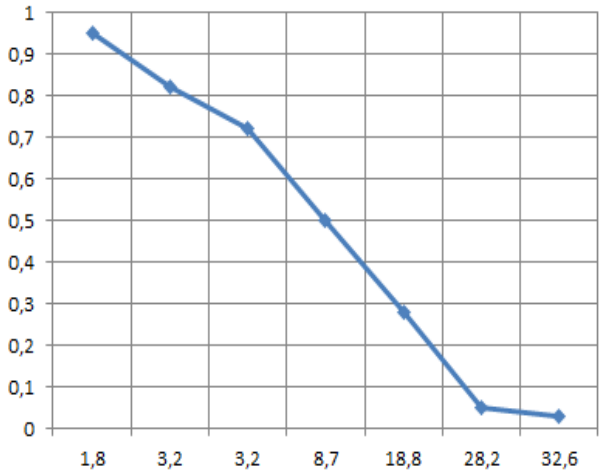


Рис.2 – **Графік залежності пилоємності від товщини зразка.**

Оскільки, зразок двошарового трикотажного полотно має щільнішу структуру плетіння, порівняно з іншими зразками, то можна зробити висновок, що такий зразок має найменше значення пилоємності, тобто в процесі експерименту на даному зразку осідає найменша кількість пилу.

Вивчення пило ємності текстильних матеріалів проводився за допомогою ТІВС). Для проведення експериментів по визначенню пилоємності текстильних матеріалів було обрано 5 зразків тканин різних за структурою та товщиною та двошарове трикотажне полотняно. Приклад визначення структури матеріалу наведений на рис.3.

© Н.М. Защепкіна, Я.О Ященко., Ю.С. Гречуха., Н.Р. Терєнтьєва

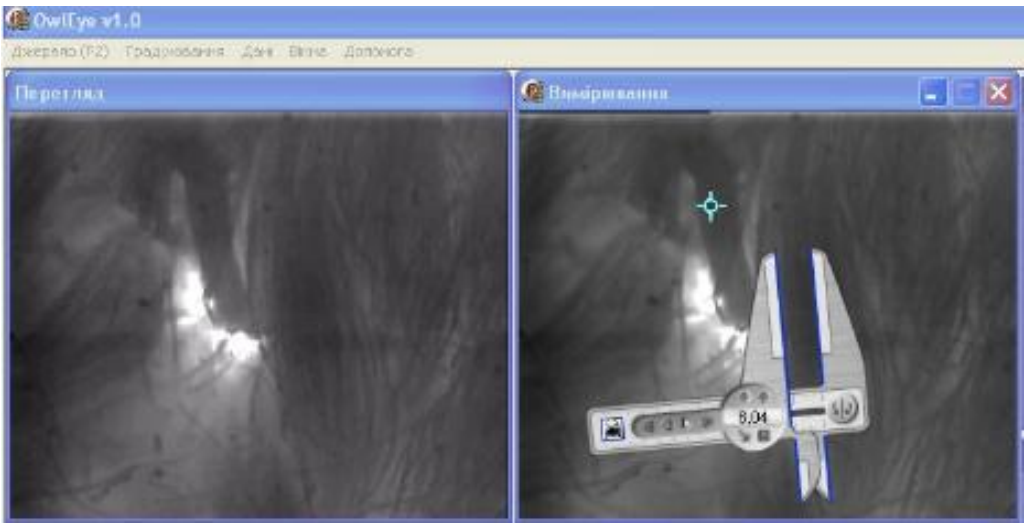


Рис.3. – **Приклад визначення структури тканини полотняного переплетення**

Висновки.Отже, провівши експериментальні дослідження, можна зробити висновок, що для захисту дихальних шляхів людини від дорожнього пилу, рекомендовано тканини полотняного переплетення складенні в декілька шарів або двошаровий трикотаж, які в своїй структурі мають накладання чарунок одна на одну. Чим щільніший тектсильний матеріал, тим більше затримується пилу і показник пилоємності менший.

Проведено експериментальні дослідження з застосуванням телевізійної інформаційно – вимірювальної системи для вимірювання та контролю пилоємності текстильних матеріалів, що дозволило покращити точність вимірювання на 5 %.

Література

1.Рафкатова Д. Р.- Новое устройство для определения пылеемкости текстильных материалов // Материалы научно - практической конференции «Инновационные технологии производство товаров, повышения качества и безопасности продукции легкой промышленности 26-28 апреля 2011, г.Алматы;

2.Рафкатова Д.Р. - Инновационный патент Республики Казахстан № 25770 «Устройство для определения пыле1.Севастьянова А. Г., Салихова Э. Г. Способ оценки влагопоглощения текстильных материалов (RU 1190261)

3.ГОСТ 17804-72. Система стандартів безпеки труда. Тканина для спецодягу. Метод визначення пилоємності . – М.: Вид-во стандартів, 1989.-10 с.

4.Коузов Т.А. и др. «Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей». Л., Химия, 1989 г., с.30-40

5.Коляденко С.С. Товароведение текстильных товаров / С.С. Коляденко, В.Т. Месяченко, В.И. Кокошинская. - М.: Экономика, 1988.

6.Михаловская Л.О. Текстильные товары (Товароведение): Учеб. Для проф. техн. уч-щ / Л.О. Михаловская. - М.: Экономика, 1990.

7.Рафкатова Д.Р. - Инновационный патент Республики Казахстан № 25770 «Устройство для определения пылеемкости тканей» от 07.06.2012г.

8.Черногузова И. Г.,Коган М. А. – Приспособление для оценки пылепроницаемости и пылеемкости текстильных материалов. 30.03.2005 г. „№ 1859 емкости тканей» от 07.06.2012г.

9.Защепкіна Н. М., Терентьєва Н. Р. Респіраторний захист людини за допомогою текстильних матеріалів. Наукові нотатки. – 2014. - №45. – стор.210-214.

10.Порев В.А. Телевизионная пирометрия // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. –№4.

11.Маркін М.О., Згуровський Г.М., та ін. Мультиспектральні телевізійні прилади контролю високотемпературних технологій // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №4/2 (22). – С. 34-39.

Стаття надійшла до редакції 22.05.2016

© Н.М. Защепкіна, Я.О Ященко., Ю.С. Гречуха., Н.Р. Терєнтьєва

УДК 683.03

Р.В. Зінько[1], О.М. Бадейнов[2]
[1]Національний університет «Львівська політехніка»,
[2]Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ПРИСТРОЇВ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ

Методика експериментальних досліджень покликана виявити властивості досліджуваного об'єкта в середовищі експлуатації. При цьому потрібно досліджувати конструкцію з урахуванням технологічного процесу її застосування і умов використання. Здійснена спроба виробити загальний підхід при дослідженні тягово-зчіпних пристроїв, які використовуються в колісному, гусеничному і рейковому транспорті на прикладі триланкових автопоїздів.

Ключові слова: *триланкові автопоїзди, зчіпні пристрої транспортних засобів, методика експериментальних досліджень.*

Р.В. Зінько[1], О.М.Бадейнов[2]
[1]Национальный университет «Львовская политехника»,
[2]Львовский научно-исследовательский институт судебных экспертиз

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ ТРЕХЗВЕННЫХ АВТОПОЕЗДОВ

Методика экспериментальных исследований призвана выявить свойства исследуемого объекта в среде эксплуатации. При этом нужно исследовать конструкцию с учетом технологического процесса ее функционирования и условий использования. Осуществлена попытка создать общий подход при исследовании тягово-сцепных устройств трехзвенных автопоездов, которые используются в колесном, гусеничном и рельсовом транспорте.

Ключевые слова: *трехзвенные автопоезда, сцепные устройства транспортных средств, методика экспериментальных исследований.*

R. Zinko[1], O. Badejnov[2]
1 Lviv Polytechnic National University,
[2]Lviv Research Institute Of Judicial Examinations

METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF HAULING-COUPLING DEVICES OF THREE-UNIT LORRY CONVOYS

Methodology of experimental researches is called to educe properties of the investigated object in the environment of exploitation. It is thus needed to investigate a construction taking into account the technological process of her functioning and terms of the use. An attempt to create general approach at research of hauling-coupling devices of three-unit lorry convoys, that is used in the transport wheeled, caterpillar and claotype, is carried out.

Keywords:*three-unit lorry convoy, coupling devices of transport vehicles, methodology of experimental research.*

Вступ. Одним з основних способів отрмання наукових знань є експериментальні дослідження.Інжнерний експеримент зазвичай пов'язаний з дослідженнями механічних, гідродинамічних, електричних, теплових та інших процесів, що відбуваються в механізмах і машинах. Експерименти і експериментатори можуть відрізнятися один від одного, але планування, проведення і аналіз відбувається в одинаковій послідовності. Залежно від галузі досліджень виникають свої особливості, які потрібно враховувати. Тому необхідний плановий аналіз методик експериментальних досліджень з метою вироблення цілісного алгоритму, який би забезпечував ефективність проведених досліджень.

Аналіз стану проблеми. В галузі техніки, зокрема транспортних засобів,розроблені методології що охоплюють дослідження з окремих вузлів, систем або їх експлуатаційних властивостей [1-4]. Інші роботи присвячені контрольно-вимірювальному обладнанню і умовам його використання [5-7].

На основі проведеного огляду можна зробити висновок, що залежно від поставленої мети випробовувань дослідники формують загальну методику проведення експериментальних досліджень, залишаючи базовою певну кількість вимірювальних давачів та обладнання. Це накопичувач інформації, приймально-передавальні модулі, блоки живлення, комутаційне обладнання. Серед давачів – це облік швидкості руху і пройденої відстані, витрати палива, обертів двигуна. Інші давачі долучаються до вимірювальної апаратури залежно від мети досліджень.

Хоча відомі загальноприйняті етапи проведення експериментальних досліджень, не всі методики їх містять або ці етапи задіяні не в повному обсязі.

© Р.В. Зінько, О.М. Бадейнов

Мета статті. Мета роботи полягає у створенні методики експериментальних досліджень, що дозволить всесторонньо і повно дослідити ефективність функціонування триланкових автопоїздів в їх характерних умовах експлуатації.

Основний матеріал. Ефективність використання транспортного засобу можна поділити на ефективність функціонування самого автомобіля, характеристик взаємодії з оператором (водієм), взаємодії з довкіллям, ефективність обслуговування та ремонту. Постановка експерименту може бути обумовлена наступними причинами:

- необхідністю перевірки теоретичних висновків;
- визначення нових властивостей машини;
- демонстрацією явищ;
- отримання необхідних значень і параметрів для математичного моделювання.

Математичне моделювання є більш ефективним для визначення експлуатаційних властивостей машин в порівнянні з повним натурним експериментом. Але для отримання достовірних результатів необхідна відналадка моделі – перевірка її адекватності. Для перевірки адекватності математичної моделі і пакета прикладних програм доцільно використовувати їх тестування, яке складається з таких етапів [8]:

- перевірка адекватності моделей та пакетівна основі аналізу тестових задач статики і динаміки автомобіля або автопоїзда;
- співставлення результатів відомих досліджень з отриманими результатами;
- співставлення результатів чисельного і фізичного експериментів.

При проведенні фізичного експерименту отримувалися значення параметрів, які в подальшому були основними при відлагодженні математичної моделі. При цьому важливе значення має правильна організація досліджень. Організація проведення експериментальних досліджень – це визначення логічно взаємозв'язаних етапів робіт, які підкоряються одній меті. До них відносяться:

- конкретизація теми досліджень;
- розробка теоретичних основ і допущень;
- визначення основних і несуттєвих чинників, які впливають на об'єкт дослідження;
- обгрунтування міри точності вимірів і допустимих похибок;
- визначення методики досліджень;
- проведення експерименту в природних умовах;
- аналіз і обробка отриманих результатів;
- формування висновків і рекомендацій.

На основі проведеного загального ділення експерименту на етапи, створюється свій варіант, який найбільш відповідає конкретній меті і умовам його проведення.

Важливою є розробка методики експерименту. Вона суттєво залежить від рівня досліджуваного об’єкта:

1. Мікрорівень, характерний для систем типу: агрегати або системи транспортної машини;
2. Макрорівень, характерний для систем, в яких як підсистеми можуть бути об’єкти мікрорівня або їх укрупнені об’єднання типу машина – довкілля, комплекс машин – довкілля.
3. Мегарівень – для систем типу комплекси машин – довкілля, автомобілі в транспортних потоках, автомобілі на підприємстві (їх обслуговування або експлуатація).

На всіх рівнях важливим є врахування взаємозв’язків між об’єктом дослідження (транспорним засобом), технологічним процесом (режими руху), в якому він задіяний і довкіллям його експлуатації.

При експериментальних дослідженнях особливе значення набувають задачі, пов’язані з організацією робіт, вибором умов і методів експерименту, планування натурних експериментів, використання моделювання при оцінці отриманих результатів. Тому при виборі етапів експерименту враховувалися можливості проведення експерименту, наявність та забезпеченість випробовувальної бази, допустимі умови роботи засобів забезпечення та вимірювання заданих параметрів, можливість використання інших методів для оцінки шуканих характеристик та параметрів, можливість проведення окремих експериментів для окремих агрегатів автомобіля чи складових автопоїзда. При проведенні експериментів обсяги експерименту нарощувалися поетапно, з переходом від менш складного до більш складного випробовування.

Так для дослідження тягово-зчіпних пристроїв (ТЗП) задіяних в колісному, гусеничному і рейковому транспорті були прийняті режими роботи при одному варіанті завантаження: номінальні довготривалі режими натягу-стиску; максимальні навантаження; короткочасні знакозмінні навантаження; ударні навантаження (ривки). Далі ТЗП досліджувалися при різних варіантах завантаження автопоїзда і таких режимах руху як: розгін, гальмування, переїзд через

перешкоду, ривок (кидок зчеплення).

Для проведення натурного експерименту використовувався вантажний автомобіль ЗиЛ-ММЗ-555 з двома двовісними причепами (рис. 1).



Рис. 1. **Триланковий автопоїзд (а) з комплексом вимірювальної апаратури (б-д): 1 – інтегрований у вимірювальний комплекс автономний ПК з програмним забезпеченням на базі ноутбука; 2 - модем для дистанційної передачі даних; 3 – модуль ЦАП-ЦАП з гальванічною розв'язкою, лініями цифрового вводу-виводу; 4 – блоки живлення датчиків; 5, 7 - датчики лінійних переміщень; 6 – вібродатчики; 8 - датчик кутових переміщень; 9 – датчик швидкості; 10 – акселерометр; 11 – тензодатчик.**

Розроблена методика для макрорівня досліджуваних об'єктів враховує всі етапи проведення експериментальних досліджень. До того ж вона дозволяє майже повністю виключити вплив індивідуальних особливостей роботи водія на режимах рушання автопоїзда і значно зменшити цей вплив при перемиканні передач в процесі форсованого розгону автопоїзда, що забезпечує добру повторюваність результатів випробувань. На режимах рушання це досягається тим, що включення зчеплення відбувається не за рахунок переміщення ноги водія разом з педаллю зчеплення з різним ступенем інтенсивності, а за рахунок швидкого і повного звільнення педалі зчеплення в її крайньому положенні повного виключення зчеплення. Завдяки цьому завжди досягається постійний і цілком визначений темп включення зчеплення, не залежний від індивідуальних властивостей водія. В цьому випадку темп включення зчеплення визначається зусиллями натискних і відтяжних пружин зчеплення, приведеною масою педалі зчеплення, кінематикою приводу зчеплення і моментами тертя в шарнірах і опорах приводу, тобто тими чинниками, які для даного автопоїзда є величинами постійними.

Випробування багатоланкового автопоїзда проводилися на рівній горизонтальній ділянці з сухим асфальтовим покриттям і на грунтовому покритті. Погода була сонячна без опадів, температура повітря 10–16°С, атмосферний тиск 760 – 780 мм. рт. ст.

© Р.В. Зінько, О.М. Бадейнов

Комплекс вимірювальної апаратури і розроблена методика передбачають можливість досліджувати і спеціальні питання: визначення динамічних навантажень, що є максимально можливими для даних умов експлуатації, визначення розмаху коливань крутного моменту в трансмісії при русі автопоїзда по ґрунтовій дорозі, визначення тих динамічних навантажень, які викликають поломки деталей трансмісії, визначення циркуляції потужності в трансмісії повноприводного автопоїзда і т.д.

Максимальні коливання спостерігалися в останнього причепа, тому стійкість його руху визначала стійкість руху всього автопоїзда (рис. 2). Різке зростання амплітуди коливань спостерігалося при збільшені кількості причепів і швидкості руху. Швидкість руху автопоїзда з одним причепом становить біля 50 км/год, для автопоїзда з двома причепами – біля 43 км/год. Як видно з графіка, при зростанні швидкості до 20 км/год амплітуда коливань зростає на 24%, до 30 км/год – на 27%, до 43 км/год – на 29%.

Досліджуючи процес рушання, можна побачити, що швидкість 2 м/с стабілізується при t= 2,2 с, час перехідного процесу = 1,2 с (рис.3). При цьому з деяким запізненням відбувається скачок динамічних навантажень в ТЗП причепів. Поздовжні зусилля в причепах зміщенні на величини зазорів в елементах автопоїзда, які знаходяться між першим і другим ТЗП.

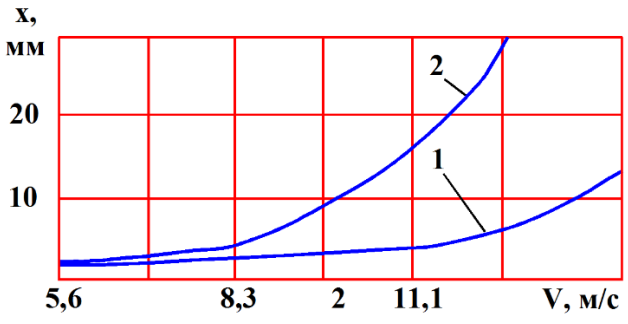


Рис. 2. **Амплітуда коливань залежно від швидкості руху автопоїзда: 1 – дволанкового; 2 – триланкового.**

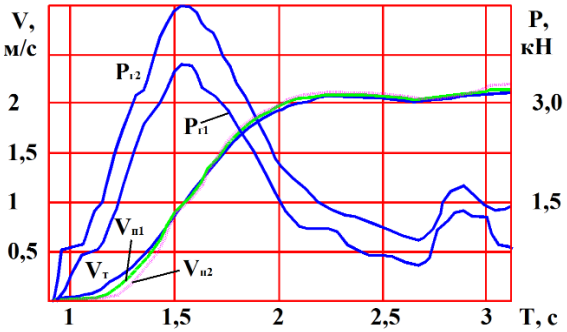


Рис. 3. **Зміна зусилля в ТЗП, швидкості руху автопоїзда і причепів.**

Висновки.Актуальним є створення загальної методики проведення експериментальних досліджень для автомобільних транспортних засобів. Експериментальні дослідження є частиною багатоетапного визначення ефективності використання дослідного зразка. Залежно від конкретних задач розробляється методика, яка містить логічно взаємозв'язані етапи. Експерименти проводяться поетапно з нарощуванням обсягів експерименту і з переходом від менш складного до більш складного.

Література

1. ГОСТ 30600-97. Шкворни сцепные автомобильных полуприцепов. Технические требования и методы испытаний. Москва, Госстандарт России, 1993. 20 с.

2. ГОСТ Р 52453-2005. Автомобильные транспортные средства. Механизмы рулевые с гидравлическим усилителем и рулевые гидроусилители. Технические требования и методы испытаний. Москва, Стандартинформ, 2006. 30 с.

3. ГОСТ Р 55855-2013. Автомобильные транспортные средства. Методы измерения и оценки общей вибрации. Москва, Стандартинформ, 2006. 20 с.

4. СТБ 1877-2008. Транспорт дорожный. Массы и размеры. Технические требования и методы испытаний. Госстандарт. Минск. 2008. 40 с.

5. Поляков В.М., Тимков А.Н., Горпинюк А.В. Модальный автопоезд для дорожных экспериментальных испытаний // Автомобильный транспорт.– Харьков: ХНАДУ, 2003.– Вып.13.– с.68-70.

6. Вороніна І.Ф., Кузнєцов Р.М., Енглезі О.А., Шкварко К.В. Експериментальні дослідження триланкових автопоїздів // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісни к ПНЦ ТАУ. 2005. №8. С.139 – 143.

7. Макаров В.А., Омельченко А.А., Костенко А.В., Куплинов А.В., Петров А.В., Сакно О.П. Оборудование для экспериментального исследования курсовой устойчивости движения легкового автомобиля // Вісник ДІАТ, 2007, №3. – С.48- 57.

8. Вікович І.А., Зінько Р.В., Черевко Ю.М. Узагальнений алгоритм проведення досліджень при фізичному моделюванні // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2008. - №3(46). – Том 2. – С.37 – 43.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2016

© Р.В. Зінько, О.М. Бадейнов

УДК 656.025.2

І.Є. Іванов
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ МАРШРУТІВ

В статті розглядається вплив зміни параметрів пасажирських транспортних систем на такі показники роботи маршрутів, як обсяг перевезень та транспортна робота. Розроблено регресійні моделі сумісного впливу параметрів пасажирських транспортних систем на обсяг перевезень та транспортну роботу. Проведена статистична оцінка експериментальних даних та розрахованих за моделями свідчить про достатню адекватність отриманих математичних моделей.

Ключові слова: *пасажирська транспортна система, обсяг перевезень, транспортна робота, регресійна модель.*

И.Е.Иванов
Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н.Бекетова

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ МАРШРУТОВ.

В статье рассматривается влияние изменения параметров пассажирских транспортных систем на такие показатели работы маршрутов, как объем перевозок и транспортная работа. Разработаны регрессионные модели совместного влияния параметров пассажирских транспортных систем на объем перевозок и транспортную работу. Проведена статистическая оценка экспериментальных данных и рассчитанных по моделям свидетельствует о достаточной адекватности полученных математических моделей.

Ключевые слова: *пассажирская транспортная система, объем перевозок, транспортная работа, регрессионная* модель.

I. Ivanov
O.M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy

INFLUENCE OF PARAMETERS PASSENGER ON PERFORMANCE ROUTES.

The distribution of transport in urban passenger transport lies in the way the use of motor vehicles and their accessories. Established presented dependence relating to urban passenger public transport and cannot be applied to other forms of use of vehicles, including personal transport. The article examines the influence of parameters of passenger transport systems such indicators of the routes, as the volume of traffic and transport work. Developed regression models compatible parameters influence passenger transportation systems for the volume of traffic and transport work. Conducted statistical evaluation of experimental data and calculated by model indicates the fair received adequate mathematical models.

Keywords: *passenger transport system, the volume of traffic, transport work, regression model*.

Постановка проблеми. Однією з основних систем забезпечення життєдіяльності міст є транспортна система. В свою чергу важливою складовою останньої є система міського пасажирського транспорту, яка забезпечує доставку людей до місць їх праці і задоволення культурно-побутових потреб.

Питання розподілу транспортної роботи у міському пасажирському транспорті (МПТ) лежить в площині способу користування транспортними засобами та їх приналежності. Так за способом користування транспортними засобами МПТ розподіляється [1-3]:

1) громадський транспорт загального користування;

2) громадський транспорт індивідуального користування;

3) особистий транспорт індивідуального користування.

Враховуючи, що кожен спосіб користування МПТ загального користування поділяється на види транспорту, якими реалізовуються переміщення, то загальна транспортна робота у місті визначається за залежністю:

$$W = \sum_{i=1}^{n} W_i \,, \tag{1}$$

де W_i – транспортна робота *i*-го виду транспорту, пас.·км.;

В свою чергу існує загально відома залежність визначення транспортної роботи [4-5].

© І.Є. Іванов

$$W = Q \cdot l_{\text{сер}}, \tag{2}$$

де Q – обсяг перевезень пасажирів, пас.;

$l_{\text{сер}}$ – середня відстань перевезення пасажирів, км.

Даний вид залежності застосовується для формування уявлення про витрати на перевезення. Для того, щоб визначити реальні значення транспортної роботи на маршрутах МПТ використовують наступну залежність [1, 3, 6-8]:

$$W = \sum_{j=1}^{m} Q_j \cdot l_j, \tag{3}$$

де Q_j – обсяг перевезень пасажирів на відстань l_j, пас.

На практиці відстанню l_j є довжина ділянки транспортної мережі, а обсягом перевезень Q_j є кількість пасажирів, що знаходяться в салоні ТЗ. Тоді транспортна робота є сумарним відображенням кількості перевезених пасажирів Q_j на j-ій ділянці транспортної мережі i-им видом транспорту:

$$W = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} Q_j^i \cdot l_j, \tag{4}$$

де Q_j^i – обсяг перевезень пасажирів на j-ій ділянці транспортної мережі i-им видом транспорту, пас.

Але залежність (4) можливо використовувати при однаковій відстані перевезення пасажирів всіма видами МПТ, що можливо лише за умови єдиної транспортної мережі для всіх видів транспорту. Це є суттєвим недоліком, адже у кожного виду транспорту своя транспортна мережа, яка складається із сукупності з'єднаних між собою зупинних пунктів, що ускладнює визначення транспортної роботи.

Для усунення даного недоліку в роботі [9] було запропоновано для кожного виду транспорту МПТ визначати питому транспорту роботу за наступною залежністю:

$$W_i^{\text{пит}} = \frac{W_i}{L_i}, \tag{5}$$

де L_i – довжина транспортної мережі i-го виду транспорту, км.

Даний підхід дозволяє оцінити ефективність роботи кожного виду транспорту, як в період його функціонування, так і на перспективу.

Але наведені залежності стосуються МПТ загального користування й не можуть бути застосовані до інших способів користування ТЗ, зокрема особистим транспортом. Що ускладнює визначення розподілу транспортної роботи між усіма видами МПТ й потребує систематизації знань щодо перерозподілу транспортної роботи між МПТ загального та індивідуального користування.

У зв’язку з цим **метою роботи** є визначення впливу зміни параметрів пасажирських транспортних систем на такі показники роботи маршрутів, як обсяг перевезень та транспортна робота.

Результати досліджень. Враховуючи існуючі дослідження щодо впливу параметрів пасажирських транспортних систем на показники функціонування, було обрано межі їх (параметрів) варіювання (табл. 1).

© І.Є. Іванов

Табл.1.

Межі варіювання параметрів пасажирських транспортних систем

Параметр	Межі варіювання		
	нижня	середнє	верхня
Показник ступеня функції тяжіння , μ	0,5	1	1,5
Обсяг відправлення, $\sum_{i=1}^{n} H_{Bi}$, тис. пас.	61	184	307
Коефіцієнт динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті, $\gamma_{сер}^{M}$	0,2	0,6	1,0
Маршрутний коефіцієнт, $k_{м}$	1,95	2,35	2,55

В якості об'єкту дослідження було обрано топологічну схему транспортної мережі. В ході експериментальних досліджень було зібрано дані, що характеризують топологічну схему транспортної мережі та проведено моделювання за розробленим алгоритмом. Результати моделювання було зведено до результуючої таблиці (табл. 2).

При визначенні обсягу перевезень від розглянутих параметрів пасажирських транспортних систем, було виконано статистичну обробку даних за допомогою програми Statistica. Попередній аналіз дозволив встановити функціональну залежність виду:

$$Q = f\,(\,\mu\,,\ \sum_{i=1}^{n} H_{Bi}\ ,\ k_{м}\,). \tag{6}$$

Табл.2.

Результати моделювання роботи пасажирських транспортних систем

Номер досліду	Показник ступеня функції тяжіння	Обсяг відправлення, тис. пас.	Коефіцієнт динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті	Маршрутний коефіцієнт	Загальна кількість маршрутів у мережі, од.	Кількість переміщень, од.	Обсяг перевезень, пас.	Коефіцієнт пересадності	Транспортна робота, пас.·км
1	0,75	40	0,4	2,15	44	122709,79	172191,86	1,4	790887
2	1	60	0,6	2,35	48	184066,02	259927,86	1,41	1039348,56
3	1,25	80	0,8	2,45	52	245420,98	339104,34	1,38	1184386,63
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25	1,25	20	0,6	2,15	44	61356,2	82550	1,35	296143
26	0,75	100	0,6	2,45	52	306774,75	442551,22	1,44	1977351,63
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
52	1	60	0,6	2,55	56	184066,02	259801,55	1,41	1039348,56

Так лінійна модель має вигляд:

$$Q = -14912{,}4 - 23034{,}2 \cdot \mu + 1{,}4 \cdot \sum_{i=1}^{n} H_{Bi} + 16171{,}1 \cdot k_{м}\,. \tag{7}$$

Зі свого боку степенева модель має вигляд:

$$Q = 1{,}23 \cdot \mu^{-0{,}074} \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} H_{Bi} \right)^{0{,}997} \cdot k_{м}^{0{,}187}. \quad (8)$$

При визначенні транспортної роботи від розглянутих параметрів пасажирських транспортних систем, було виконано статистичну обробку даних за допомогою програми Statistica. Попередній аналіз дозволив встановити функціональну залежність виду:

$$W = f\,(\,\mu\,,\ \sum_{i=1}^{n} H_{Bi}\,). \quad (9)$$

Так лінійна модель має вигляд:

$$W = 564544 - 577850 \cdot \mu + 6 \cdot \sum_{i=1}^{n} H_{Bi}\,. \quad (10)$$

Зі свого боку степенева модель має вигляд:

$$W = 5{,}77 \cdot \mu^{-0{,}5} \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} H_{Bi} \right)^{0{,}995}. \quad (11)$$

Статистичну оцінку експериментальних даних та розрахованих за моделями виконано за допомогою критерію Фішера, множинного коефіцієнта кореляції, стандартизованого відхилення та середньої помилки апроксимації. Результати оцінки наведені в табл. 3-4.

Табл.3.

Статистична оцінка математичних моделей обсягу перевезень та транспортної роботи від розглянутих параметрів пасажирських транспортних систем

Назва статистичного показника	Значення показника для моделі			
	(7)	(8)	(10)	(11)
Критерій Фішера, F : – розрахунковий – табличний	 8872,3 4,38	 16931 4,38	 346,76 4,38	 746,63 4,38
Множинний коефіцієнт кореляції, R	0,9995	0,9997	0,987	0,994
Стандартизоване відхилення, A	3326,7	0,01142	67825	0,05351
Середня помилка апроксимації, ε, %	1,18	0,9	5,93	4,51

Табл. 4.

Коефіцієнти значимості факторів математичних моделей обсягу перевезень та транспортної роботи від розглянутих параметрів пасажирських транспортних систем

Фактор	Значення коефіцієнту для моделі			
	(7)	(8)	(10)	(11)
Показник ступеня функції тяжіння , μ	-0,071136	-0,053111	-0,436951	-0,358225
Обсяг відправлення, $\sum_{i=1}^{n} H_{Bi}$, тис. пас.	0,993445	0,991629	0,980248	0,993641
Маршрутний коефіцієнт, $k_{м}$	0,030565	0,033366	-	-

Таким чином для залежності (7) середня помилка апроксимації склала 1,18%, а для математичних моделей: (8) – 0,9%; (10) – 5,93%; (11) – 4,51%. Отримані значення свідчать про достатню адекватність отриманих математичних моделей.

Висновки. Наведені в роботі дослідження впливу параметрів пасажирських транспортних систем на розподіл транспортних кореспонденцій дозволяє зробити висновок про її вагомий вплив

на функціонування системи МПТ в цілому. Тобто, таке розселення мешканців, де місце проживання більш тяжіє до місця – мети поїздки, забезпечуючи більш сприятливі умови для функціонування системи в цілому.

Література

1. Логистика: Общественный пассажирский транспорт / [под ред. Л. Б. Миротина]. – М. : Экзамен, 2003. – 224 с.

2. Hutchinson B. G.Principles of urban transport systems planning / B. G. Hutchinson. – N. Y. : McGraw-Hill, 1974. – 444 p.

3. David Banister. Transport and Urban Development / David Banister. – L. : Taylor & Francis, 1995. – 294 p.

4. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Х.: Вид-во „Форт”, 2011. – 507 с.

5. Ігнатенко О. С. Організація автобусних перевезень у містах / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруни. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.

6. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И. В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.

7. Levinson H. Analyzing transit travel time performance / Levinson H. // Transportation research record. – 1983. – №915. – P. 1-6.

8. Strathman J. Evaluation of transit operations: data applications of TriMet's automated bus dispatching system / [J. Strathman, T. Kimpel, K. Dueker and oth.] // Transportation. – 2002. – №29. – P. 321-345.

9. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с.

Стаття надійшла до редакції 04.05.2016

© І.Є. Іванов

УДК 620.92 (477.81)

Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк
Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне

АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ БІОПАЛИВА НА РІВНЕНЩИНІ

У статті проведений поетапний аналіз основних способів отримання нетрадиційних видів палива та визначені основні підходи щодо інтенсифікації виробництва цих палив на теренах України. З метою вибору найоптимальнішої технології виробництва біопалива розглянуті різні способи отримання цього палива та проаналізовані експериментальні дослідження науково-дослідних установ США. Запропонована та обґрунтована принципово нова технологічна схема отримання біоетанолу.

***Ключові слова**: біопаливо, диметиловий ефір, етанол, бутанол, альтернативні види палива, екологічні ДВЗ.*

Р.М.Игнатюк, А.П.Рыжий, С.В.Морозюк
Национальный университет водного хазяйства и природопользования

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ БИОТОПЛИВА НА РОВЕНЩИНЕ

В статье проведен поэтапный анализ основных способов получения нетрадиционных видов топлива и определены основные подходы к интенсификации производства этих топлив на территории Украины. С целью выбора оптимальной технологии производства биотоплива рассмотрены различные способы получения этого топлива и проанализированы экспериментальные исследования научно-исследовательских учреждений США. Предложена и обоснована принципиально новая технологическая схема получения биоэтанола

***Ключевые слова:** биотопливо, диметиловый эфир, этанол, бутанол, альтернативные виды топлива, экологические ДВС.*

R. Ignatyuk, O. Ryzhyy, S. Morozyuk
The National University of Water and Environmental Engineering

ANALYSIS AND PROSPECTS OF BIOFUEL PRODUCTION IN THE RIVNE REGION

In the article the step by step analysis of the main ways to get non-traditional fuels and the basic approaches to intensification of production of these fuels in Ukraine. To select the most optimal technology biofuels considered various ways to obtain this fuel and analyzed experimental studies research institutions in the United States. Proposed and justified fundamentally new technological scheme for bioethanol.

***Keywords**: biofuels, dimethyl ether, ethanol, butanol, alternative types of fuel, environmental engine.*

Постановка проблеми.

Сучасний рівень розвитку машинобудівної галузі дозволяє використовувати різні види альтернативних палив, які по своїм характеристикам не поступаються традиційним, а беручи до уваги екологічний ефект від впровадження таких палив у виробництво, використання їх на часі. Хоча в даний час відомо багато видів цих палив і методів їх отримання, **метою даної статті** є поетапний аналіз основних способів отримання нетрадиційних видів палива та виявлення основних підходів щодо інтенсифікації виробництва цих палив на теренах України.

Результати досліджень.

Сьогодні частина біоетанолу виробляється із кукурудзи та цукрової тростини. Сировиною для виробництва біоетанолу також можуть бути різного роду сільськогосподарські культури із великим вмістом крохмалю чи цукру. Найкращий клімат для вирощування цукрової тростини у Перу та країнах Карибського басейну. У великих кількостях цукрову тростину також можуть виробляти Індонезія та деякі африканські країни (Мозамбік) [1].

Біоетанол в якості пального почали використовувати досить давно. Генрі Форд сконструював свій перший автомобіль, який використовував саме таке пальне, а в умовах дефіциту пального під час Другої світової війни в Німеччині спирт додавали до бензину.

Проте, тільки наприкінці ХХ століття з'явилися повномасштабні програми з використання біоетанолу, як пального для двигунів.

Суть технології виробництва біоетанолу полягає в тому, що сировина розмелюється до 180…200 мікронів, потім додається вода, і цю масу розділяють на дві реакції – крохмаль і клейковину. Із крохмалю, точніше крохмального молока, одержують звичайний етиловий спирт 96,5°. В цеху зневоднення з нього видаляються сивушні масла й альдегіди, потім масу нагрівають і пропускають через молекулярні сита, де за певної температури відбувається зневоднення [2].

Вихід кінцевого продукту із тони сировини (сухий помол) представлений в таблиці 1.

© Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк

Таблиця 1

Вихід біоетанолу із 1 тони сировини [45]

Сировина	Етанол, л.	Суха барда, кг.	CO_2, кг.
Пшениця	375	330	370
Жито	257	390	350
Ячмінь	330	430	320
Кукурудза	410	300	400

Нами пропонується принципова схема отримання біоетанолу із пшениці представлена на рисунку 2.

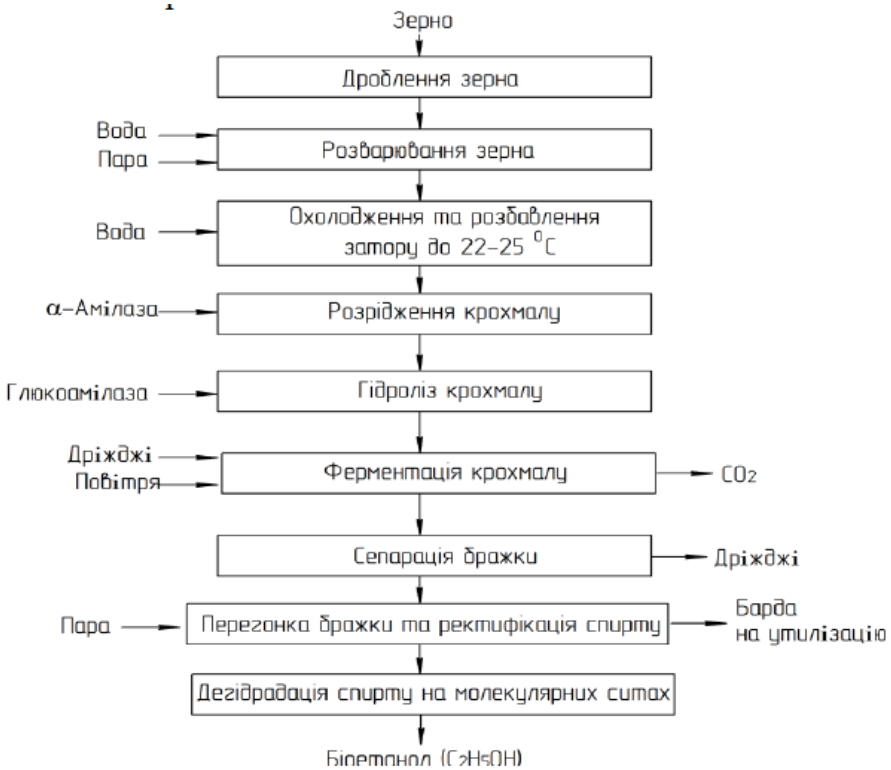


Рисунок 1 – **Принципова схема отримання біоетанолу із пшениці**

Крім цього етанол виробляють методом зброджування цукру, глюкози, сахарози за допомогою дріжджів з наступною перегонкою з метою обезводнення.

Це реакція представлена у вигляді наступного рівняння:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 \quad (1)$$

У результаті бродіння отримується розчин, який містить не більше 15% етанолу, так як в більш концентрованих розчинах дріжджові бактерії гинуть. Отриманий таким шляхом етанол потребує очистки та концентрування, шляхом дистиляції.

Вуглець, що міститься в етанолі, дозволяє більш повно спалювати вуглеводні палива. 10 % - й вміст етанолу в бензині дозволяє скоротити викиди аерозольних частинок до 50%, а викиди вуглекислого газу – на 30%.

У грудні 2007 року Університет Північної Дакоти та Центр Автомобільних Досліджень Міннесоти опублікували результати дослідження енергоефективності застосування біоетанолу в автомобільному транспорті [3-5]. У результаті досліджень проводились експерименти як на звичайних автомобілях, так і на автомобілях із гнучким вибором палива. Досліджувались суміші із вмістом етанолу в бензині від 2% до 85%.

Для звичайних автомобілів найбільш оптимальною сумішшю була суміш Е30. У результаті її застосування споживання палива знизилось на 1% порівняно із бензином. Даний результат був отриманий на автомобілях Toyota Camry та Ford Fusion.

© Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк

Для автомобілів із гнучким вибором палива найбільш оптимальною стала суміш Е20. У результаті її застосування споживання палива знизилось на 15% порівняно із бензином. Даний результат був отриманий на автомобілі Chevrolet Impala.

Ще одним видом біопалива є біометанол, який виробляється з біомаси та використовується у якості біопалива.

Сировиною для цього палива є водорості, що найшвидше ростуть на планеті.

На початку 80-их років рядом європейських країн спільно розроблявся проект, який був орієнтований на створення промислової системи з використанням прибережних районів.

Початкове виробництво біомаси здійснюється шляхом культивування фітопланктону у штучних водоймах, що створюються на морському побережжі.

Вторинні процеси представляють собою метанове бродіння біомаси та подальше гідроксилування метану з отриманням метанолу.

Основними перевагами використання мікроскопічних водоростей є:

- ✓ висока продуктивність фітопланктону (до 100 т/га в рік);
- ✓ у виробництві не використовуються родючі землі та прісна вода;
- ✓ процес не конкурує із сільським господарством;
- ✓ енерговіддача процесу на стадії отримання метану становить 14, а на стадії отримання метанолу -7. [1].

Наступний різновид рідкого біопалива на основі бутилового спирту є біобутанол, який одержують разом з біоводнем шляхом бутилового або ацетонобутилового зброджування сільськогосподарських рослин.

Біобутанол може бути отриманий наступним чином:

- шляхом переробки цукру та крохмалу сільськогосподарських культур (біобутанол І покоління);
- шляхом переробки целюлози рослин (біобутанол ІІ покоління);
- шляхом синтезу хімічної сировини (бутанол).

Завдяки своїм фізичним властивостям, економічності, безпечності, а також через те, що його застосування не потребує перероблення двигуна, бутанол може замінити бензин у якості палива.

Порівняно з етанолом, бутанол може бути змішаний в більших пропорціях з бензином і використовуватись в автомобілях без модифікації системи формування повітряно-паливної суміші.

Бутанол виділяє чистої енергії за робочий цикл більше, ніж етанол чи метанол і приблизно на 10% більше, ніж бензин.

У зв’язку із отриманням нових високоекономічних технологій виробництва біобутанолу, у даний час він все більше привертає увагу спеціалістів для застосування його у якості палива.

Серед переваг бутанолу перед метанолом можна виділити наступні:

- бутанол містить на 25% більше енергії у порівнянні з етанолом;
- бутанол безпечніший у використанні, оскільки випаровується у шість разів менше ніж етанол і має у 13,5 меншу летючість, порівняно із бензином;
- бутанол – менш агресивна речовина, порівняно із етанолом, оскільки може транспортуватись по існуючим паливним трубопроводам, тоді як етанол повинен транспортуватись залізничним чи водним транспортом;
- бутанол можна змішувати з бензином;
- бутанол може повністю замінити бензин, тоді як етанол може застосовуватись тільки як добавка до бензину із максимальним вмістом в суміші не більше 85% і лише після суттєвих переробок двигуна;
- виробництво бутанолу дозволить вирішити проблеми, які пов’язані з інфраструктурою постачання водню;
- при згоранні бутанол не виділяє оксидів сірки чи азоту.

Таким чином, біобутанол більш економічний порівняно із сумішшю етанолу з бензином, він покращує паливну ефективність автомобіля і збільшує пробіг на одиницю витраченого палива. Біоетанол отримується із тієї ж сировини – кукурудзи, цукрового буряка, сорго, маніоки, цукрової тростини, стебел кукурудзи та іншої біомаси, що й етанол.

Диметиловий ефір як хімічну речовину одержали порівняно давно й вивчили достатньо добре. Донедавна його використовували в парфумерії як пропелент, заміняючи шкідливі гази (заборонений фреон) та як холодоагент і розчинник.

© Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк

У нормальних умовах це газ без кольору, майже не має запаху, в рідкому стані нагадує воду, хімічна формула - CH_3-O-CH_3; густина за температури 20°С - 2,091 кг/м^3; температури: кипіння - 23,65°С, спалаху в закритому тиглі - 41,1°С, самозаймання в повітрі - 350°С. Диметиловий ефір характеризується коротким напівперіодом існування в тропосфері (менше одного дня), не надходить у стратосферу, повністю розкладається на воду та діоксид вуглецю, нетоксичний, неканцерогенний, немутагенний [6].

Уперше про диметиловий ефір, як про альтернативне та екологічно чисте паливо для дизельних двигунів, було згадано на Міжнародному конгресі й виставці в Детройті 1995 року, після чого роботи в цьому напрямі почали інтенсивно розвиватися в цілій низці країн.

Перспективність цього виду палива визначається двома основними характеристиками:

- сировинною базою;
- високими експлуатаційними та екологічними властивостями.

Сировиною для одержання диметилового ефіру є природний газ, вугілля або біопаливо. Це похідна метанолу, який одержують у процесі перетворення газу в рідкий стан. Технологію виробництва диметилового ефіру розробили зарубіжні фірми: Haldor Topsoe (Данія), Air Products and Chemicals (США), NKK Corp. (Японія), BP (Велика Британія) та Російська академія наук [50-51]. Випуск диметилового ефіру в світі останніми роками різко зріс і становить десятки мільйонів тонн.

Існує два сорти диметилового ефіру: вищий і нижчий. Вищий сорт містить не менше 99,5% ефіру, його використовують у парфумерії; нижчий має не менше 95% ефіру, його застосовують як паливо для дизельних двигунів.

Диметиловий ефір має низку переваг, порівняно з іншими альтернатив-ними паливами й дизельним паливом за п'ятьма показниками.

Хімічний: не має хімічних сполук - вуглець - вуглець, що знижує схильність до сажоутворення під час згоряння; вміст до 35% зв'язаного кисню забезпечує повноту згоряння диметилового ефіру (завдяки чому в камері згоряння немає нагару й сажистих частинок у відпрацьованих газах) та зниження температури горіння палива в камері згоряння і, як наслідок, зниження вмісту оксидів азоту у відпрацьованих газах, усуває димність відпрацьованих газів; добра самозаймистість у циліндрах дизельного двигуна (цетанове число ЦЧ=55…60 порівняно з ЦЧ=45…50 для дизельного палива, не кажучи вже про інші види альтернативних палив: метанол, етанол, а також природний газ), що робить його ідеальним як паливо для дизелів.

Фізичний: добра випаровуваність, що призводить до швидкої газифікації впорскуваного в циліндри палива й сприяє вдосконаленню процесу сумішоутворення, поліпшенню економічності за зниження тиску впорскування. За фізичними властивостями диметиловий ефір подібний до пропан-бутанових газів, які широко використовують як газоподібне паливо для двигунів внутрішнього згоряння. Його треба зберігати так само, як пропан і бутан, у зрідженому (скрапленому) стані в балонах під тиском 1…1,5 МПа, а технологія роботи зі скрапленими газами добре відпрацьована.

Екологічний: зниження рівня викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Так, за викидами менше стандарту Євро - 4: в шестеро - оксиду вуглецю (CO_2), вчетверо - вуглеводнів (СН), вчетверо - твердих часток (сажа й кіптява) і на 20% - оксидів азоту; відсутність в диметиловому ефірі сірки, вирішує проблему вмісту оксидів сірки у відпрацьованих газах, що є однією з найактуальніших проблем використання нафтових дизельних палив; диметиловий ефіру є екологічно чистим продуктом, який не завдає шкоди навколишньому середовищу, бо, потрапляючи в атмосферу, швидко розкладається на воду і діоксид вуглецю.

Економічний: підвищення ефективного ККД до 60…65% порівняно з 35…45% для двигунів, що працюють на рідкому паливі;

Експлуатаційний: зниження динаміки циклу й тиску згоряння, що підвищує надійність роботи двигуна й знижує на 10 дБ його шумність..

Найістотнішими недоліками диметилового ефіру як палива для дизельного двигуна є менша теплота згоряння та низька кінематична в'язкість.

Нижча теплота згоряння ДМЕ в 1,5 рази менша за теплоту згоряння дизельного палива (28900 проти 42500 кДж/кг), що призводить до збільшення витрати диметилового ефіру в 1,5…1,6 рази порівняно з дизельним паливом. Це потребує відповідного співвідношення цін диметилового ефіру і дизельного палива, щоб забезпечити його конкурентоспроможність.

Ще одним недоліком диметилового ефіру є також низька кінематична в'язкість, внаслідок чого ускладняється герметизація рухомих вузлів ущільнення паливної апаратури, та незадовільні

© Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк

мастильні властивості, що потребує застосування спеціальних протиспрацьовувальних присадок або ж принципово іншої системи подачі ефіру в камеру згоряння.

Переобладнання звичайних дизелів для роботи на диметиловому ефірі полягає в модернізації тільки паливоподавальної апаратури, спрямованої на збільшення об'ємного подачі палива та ущільнення лінії низького тиску для пристосування її до роботи на підвищеному тиску (1…2 МПа), а також наявності додаткових балонів низького тиску, які використовують для роботи зі зрідженим (скрапленим) газом. Для забезпечення однакового пробігу, об’єм балонів має бути в 1,7 разів більший, ніж об’єм баків із дизельним паливом [7].

Біодизельмайже не змішується з водою, має високу температуру кипіння та низьку пружність пари. Відносно висока температура займання біодизелю 150 °С робить паливо досить безпечним у плані протипожежної безпеки. Густина біодизелю 0,86 г/см³. Виготовлений із незабрудненої сировини, біодизель є нетоксичним. В'язкість біодизелю та звичайного дизельного пального однакова.

Найпоширенішим способом отримання біодизелю є переетерифікація рослинної олії [53].

Порівняно зі звичайним дизелем біодизель має перевагу у тому, що при його згорянні виділяється тільки така кількість CO_2, яку рослини взяли з атмосфери. У таблиці 2 приведені дані про кількість речовин, які виділяються при використанні 100 л звичайного дизельного палива і 100 л такої ж кількості біологічного [8].

Таблиця 2

Емісія речовин на 100 літрів палива [8]

Показник	Дизельне паливо	Біодизельне паливо
Видобуток нафти, вирощування ріпаку, виробництво палива, транспортування		
Витрати нафти, л	117	20
Виділення CO_2, кг	38	45
Виділення шкідливих для оточуючого середовища газів (як еквівалент CO_2)	15	11
Виділення SO_2, кг	0,17	0,06
Спалювання		
Виділення CO_2, кг	265	
Виділення шкідливих для оточуючого середовища газів (як еквівалент CO_2)	58	57
Виділення SO_2, кг	0,33	-

Щодо України, то створення власної біодизельної галузі лише починається. Попри стрімке зростання, протягом останніх років, обсягів вирощеного ріпаку, левова його частина експортується в країни Європи, зважаючи на відсутність переробних потужностей в Україні.

Потенціал рослинної сільськогосподарської біомаси в Україні представлений у вигляді табл. 3 [9].

Таблиця 3

Потенціал рослинної сільськогосподарської біомаси в Україні [9]

Область	Біомаса зерново-бобових культур, тис. МВт год/рік	Біомаса соняшника, тис. МВт год/рік	Рослинні відходи кукурудзи, тис. МВт год/рік	Рослинні відходи овочів відкритого і закритого грунту, тис. МВт год/рік
Вінницька	2400	1197	2780	440
Волинська	200	0	170	200
Дніпропетровська	1040	6232	5940	820
Донецька	360	5244	3330	1060
Житомирська	470	3	320	300
Закарпатська	70	23	710	210
Запорізька	660	5720	3180	580
Івано- Франківська	150	0	360	190

© Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк

Київська	1140	88	1530	910
Кіровоградська	950	4346	3580	310
Луганська	820	4320	2090	570
Львівська	170	0	270	310
Миколаївська	740	3598	1470	490
Одеська	1160	4484	3560	850
Полтавська	1830	2843	3660	500
Рівненська	200	0	310	230
Сумська	1120	488	1290	330
Тернопільська	1110	0	670	240
Харківська	1210	4466	2990	580
Херсонська	570	2260	2300	700
Хмельницька	1480	6	2490	330
Черкаська	1740	1466	3550	600
Чернівецька	290	7	1490	230
Чернігівська	700	71	950	360
АР Крим	130	1102	960	730
Всього	**21110**	**47964**	**49950**	**12070**

Висновки. Отже на основі вище наведеного встановлено, що в перспективі, біоенергетична ефективність України на достатньо високому рівні і для подальшого розвитку необхідно виділити її в окрему галузь народного господарства. Слід відмітити що в Україні існує достатній енергетичний потенціал для практично всіх видів біомаси і необхідна науково-технічна та промислова база для розвитку даної галузі енергетики.

Література

1. Боблях С.Р. Відновлювальні джерела енергії / С.Р. Боблях, М.М. Мельнійчук, В.С. Мельник, Р.М. Ігнатюк. Монографія. – Луцьк: Волинський національний університет ім. Л. Українки, 2012. – 227 с.

2. Калмикова Ю Казахстанський біоетанол / Ю. Калмикова // Зелена енергетика. – 2008 № 2 (30). – С. 14.

3. U. S. Environmental Protection Agency. Part II? 40 CFP Part 80, 85, and 86 Control of Air Pollution from Nev Motor Vehicles: Tier 2 Motor Vehicle Emissions Standards and Gasoline Sulfur Control Requirementa; Final Rule. – 2000.

4. U. S. Environmental Protection Agency. Model Light Duty Gasoline Vehicle, Fuel Economy Test Results, personal communication, Robert Frend, EPA Office of Transportation and Air Quality, Assessment and Standart Division. – 2006.

5. Final Report Entitled “Optimal Ethanol Blend-Level Investigation” ; EERC Fund 9495. – 21 p.

6. Окоча А. Диметиловий ефір – ще один вид альтернативного палива для дизельних двигунів / А. Окоча // Пропозиція. – 2009. - № 6. С. 110-114.

7. Біопалива (технології, машини та обладнання) / В. Дубровін, М. Корчемий, І. Масло, О. Шептицький, З. Пасторе, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В. Криворучко К.: ЦТІ « Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.

8. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства. ІІ томи. Лісостеп. Київ – 2004 р.

9. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії України. – Київ. – 2007.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2016

© Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий, С.В. Морозюк

УДК 534.015::629.3

Р.О. Кайдалов[1], В.М. Баштовой[1], О.О. Ларін[2], О.О. Водка[2]
[1]Національна академія Національної гвардії України
[2]Національний технічний університет «Харківський Політехнічний Інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ДВОРІВНЕВОЮ НЕЛІНІЙНОЮ СИСТЕМОЮ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ПРИ ПЕРЕЇЗДІ ОДИНИЧНОЇ ДОРОЖНЬОЇ НЕРІВНОСТІ

Стаття присвячена вивченню ефективності застосування нелінійного дворівневого підресорювання спеціальних транспортних засобів, яке спрямоване на підвищення плавності їх ходу. Наведені результати теоретичних досліджень, щодо характеристик відповідного транспортного засобу, як нелінійної системи. Побудовано математичну нелінійну дискретну динамічну модель даного транспортного засобу, на основі якої проведено серію досліджень щодо вільних коливань транспортного засобу, як консервативної нелінійної системи. Наведено результати порівняльного аналізу щодо частот та амплітуд коливань які встановлюються в транспортному засобі в лінійній та запропонованій дворівневій нелінійній компоновках при імпульсному збудженні, що прикладається до коліс даного транспортного засобу із запізненням у часі.

***Ключові слова**: спеціалізовані транспортні засоби, плавність ходу, нелінійне підресорювання, системи із квазінульової жорсткістю, вільні коливання нелінійних консервативних систем.*

Р.О. Кайдалов[1], В.М. Баштовой[1], А.А. Ларин[2], А.А. Водка[2]
[1]Национальная академия Национальной гвардии Украины
[2]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ДВУХУРОВНЕВОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ ПОДРЕССОРИВАНИЯ ПРИ ПЕРЕЕЗДЕ ЕДИНИЧНОЙ НЕРОВНОСТИ

Статья посвящена изучению эффективности применения нелинейного двухуровневого подрессоривания специальных транспортных средств, которое направлено на повышение плавности их хода. Приведенны результаты теоретических исследований, в характеристиках соответствующего транспортного средства, как нелинейной системы. Построена математическая нелинейная дискретная динамическая модель данного транспортного средства, на основе которой проведена серия исследований относительно свободных колебаний транспортного средства, как консервативной нелинейной системы. Приведены результаты сравнительного анализа по частотам и амплитудам колебаний которые устанавливаются в транспортном средстве в линейной и предложенной двухуровневой нелинейной компоновках при импульсном возбуждении, которое прикладывается к колесам данного транспортного средства с запаздыванием во времени.

***Ключевые слова:** специализированные транспортные средства, плавность хода, нелинейное подрессоривание, системы с квазинулевой жесткостью, свободные колебания нелинейных консервативных систем.*

R. Kaidalov[1], V. Bashtovoi[1], O. Larin[2], O. Vodka[2]
[1]National Academy of the National Guard of Ukraine
[2]National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

AN INVESTIGATION OF THE VIBRATION CHARACTERISTICS OF A SPECIALIZED VEHICLE WITH A DOUBLE-LEVELED SYSTEM OF NONLINEAR SUSPENSION AT CROSSING OVER A ROAD ASPERITY

The work deals with the definition of an effective way of the suspension on the specialized vehicles and is aimed on improvement of the smoothness of its movement (riding comfort). A riding comfort is an important operational feature of the modern vehicles that allow to protect the passengers and goods from the influence of the vibrations during the vehicle movement. These are especially important for the transportation of the dangerous goods.

The paper presents the design scheme of specialized vehicles, which has additional level of cushioning, with the nonlinear characteristic, which has a quasi-zero stiffness in the equilibrium position. The mathematical model of the dynamic behaviour of the specialized vehicles are developed as a nonlinear discrete conservative system. The results of numeric calculations of the dynamic response of the vehicle on the impact is presented based on the developed model. A vertical vibrations of the luggage platform is analysed caused by the kinematics impact that applied on the axis of the vehicle. The load is applied to the axis of the vehicle considering the time delay between them providing vertical vibrations of vehicle's structural elements. The obtained displacement over the time demonstrates the stationary polyharmonic behaviour due to the conservativeness of the model and have been analysed on its spectral composition.

***Keywords**: specialized vehicles, ride smoothness, nonlinear suspension, systems with quasi-zero stiffness, nonlinear free oscillations of conservative systems.*

Постановка проблеми. Плавність ходу є однією з найважливіших вимог, що висуваються до сучасних транспортних засобів (ТЗ), яка, зазвичай, визначається, як сукупність властивостей

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка

ТЗ, що забезпечують віброзахист пасажирів та вантажів, які перевозяться [1]. В сучасні практиці проектування ТЗ найбільшу уваги приділяють віброзахисту пасажирів. На сьогоднішній день для об'єктивної оцінки комфорту їзди (реакцію людини на вібрацію) набули поширення чотири способи:

- стандарт ISO 2631 [2] (використовується в більшості країн ЄС);
- BS 6841 [3] (у Великобританії);
- VDI 2057 [4] (у Німеччині та Австрії);
- AAP [5,6] використовується в США і НАТО (NATO Reference Mobility Model (NRMM)).

В усіх даних стандартах регламентуються допустимі рівні віброприскорень на окремих частотах вібрацій, що діють на людину під час її поїздки. Аналіз наведених вимог показує, що відповідно до усіх стандартів поліпшення плавності ходу ТЗ фактично може бути досягнуто зменшенням частот вібрацій, що супроводжують рух ТЗ та амплітуд їх віброприскорень.

Окремо слід підкреслити, що вібрації, які виникають під час руху по нерівностях дороги здатні дуже небезпечно впливати також і на вантажі, що перевозяться. Тут на особливу увагу заслуговують питання перевезення небезпечних вантажів. Практично будь-яка продукція сучасної промисловості, що випускається із використанням або виділенням тих чи інших небезпечних інгредієнтів, які несуть певну загрозу життю людей та безпеці навколишнього середовища при необхідності транспортування може бути визначена як небезпечний вантаж. Вплив вібрацій на вантажі відповідної категорії може призводити до аварійно небезпечних ситуацій [7 – 10]. Окреме місце у перевезенні вантажів належить проблемі транспортування від місця знаходження до пункту утилізації різних боєприпасів, мін та інших вибухонебезпечних предметів, що є особливо актуальним для сучасної України.

Слід відзначити, що поліпшення плавності ходу дозволяє знизити вібрації, які діють на вантаж під час його транспортування.

В сучасних наукових працях багато уваги приділяється створенню нових систем підресорювання із нелінійними характеристиками жорсткості або демпфірування. Серед різних ідей, стосовно забезпечення високої плавності ходу ТЗ із нелінійною підвіскою на окрему увагу заслуговують системи, які реалізують віброізоляцію вантажів, що може бути досягнуто суттєвим зменшенням динамічних реакцій у підвісці ТЗ. Зменшити динамічну реакцію в коливальній системі можливо шляхом зменшення жорсткості пружних елементів в цій системі [11]. Досягнути суттєвого зменшення жорсткості підвіски із збереженням її несучої спроможності та компактних розмірів може бути досягнуто з використанням пружинних блоків, з нелінійною характеристикою. Найбільшу практичну цінність тут мають системи із квазінульовою жорсткістю[11, 12].

В даній роботі представлено результати теоретичного моделювання динамічних характеристик спеціалізованого транспортного засобу з такою дворівневою системою підресорювання, як консервативної нелінійної системи.

Побудова моделі ТЗ із нелінійним дворівневим підресорюванням. В роботі пропонується розглянути ТЗ, який на відміну від традиційних конструкцій має додаткову систему підресорювання, що забезпечує квазінульову жорсткість підвішування вантажів.

Розглядається двовісний колісним ТЗ, який умовно складається з несучої рами (кузова) та ватажної платформи на якій розташовується вантаж для перевезень (рис. 1).

Рама (кузов) ТЗ забезпечена традиційним лінійним підресорюванням, в той час як вантажна платформа має додаткову ступінь підресорювання, яка монтується до рами за допомогою пружинного блоку. Даний блок пропонується виконати у формі ферми Мізеса (рис. 2), що має нелінійну характеристику із областю, яка реалізує стан квазінульової жорсткості.

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка

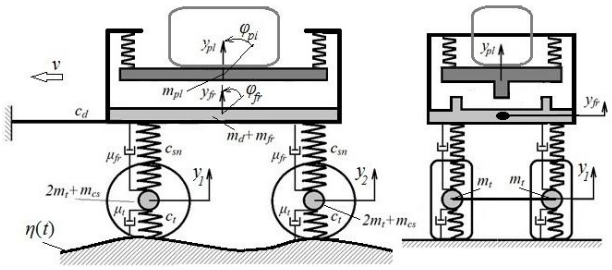


Рис. 1. **Дискретна модель ТЗ із дворівневою системою підресорювання**

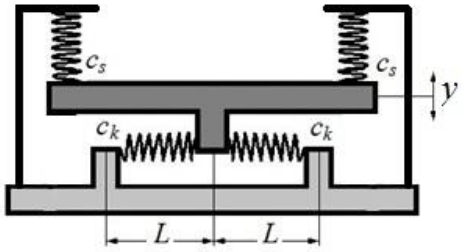


Рис. 2. **Конструктивна реалізації другого рівня підресорювання, що виконана у формі ферми Мізеса**

Нелінійна характеристика даної системи сформована геометричними співвідношеннями між деформацією горизонтальних пружин та вертикальними переміщеннями. Причому горизонтальні пружини повинні бути попередньо у стисненому стані. Якщо ввести позначення L – довжина пружини у горизонтальному стисненому положенні, Δ – величина попереднього стискання, c_s – жорсткість пружин вертикальних, c_k – жорсткість пружин горизонтальних, y – вертикальне переміщення платформи із вантажем, то нелінійна приведена пружна сила, що виникатиме в пружинному блоці матиме вигляд (1), а жорсткість ферми $C_{nl}(y)$ є похідною від сили і може бути записана у вигляді (2)

$$F_{nl}\left(y\right)=c_s\cdot y+c_k\cdot y\cdot\left[1-\frac{L_k+\Delta}{\sqrt{L_k^2+y^2}}\right], \tag{1}$$

$$C_{nl}(y)=c_s+c_k\left(1-\frac{L_k+\Delta}{\sqrt{{L_k}^2+y^2}}+y^2\frac{\left(L_k+\Delta\right)}{\left({L_k}^2+y^2\right)^{3/2}}\right). \tag{2}$$

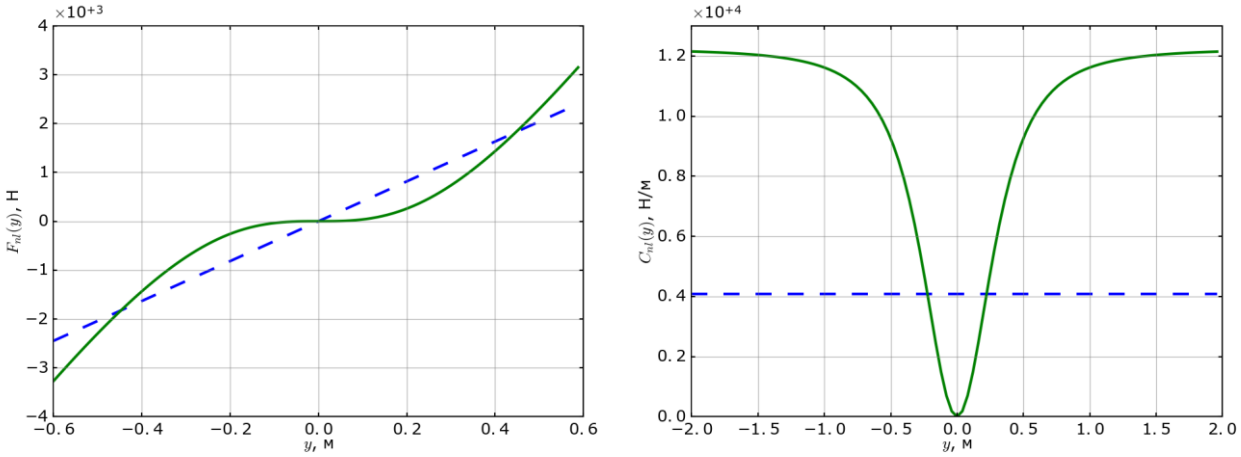
На рис. 3,*а* наведено графік залежності нелінійної пружної сили $F_{nl}(y)$ від вертикальних переміщень платформи, на рис. 3,*б* наведено графік залежності жорсткості ферми Мізеса від переміщень платформи. Для наочності графіківпунктирною лінією показана лінійна пружна сила та жорсткість, що утворюється при демонтажі горизонтальних пружин коректорів жорсткості. Наведена залежність нелінійної пружної сили вказує на наявність області із квазінульовою жорсткістю: це інтервал переміщень ±0,02 м. Крім того в межах переміщень ±0,4 м горизонтальні коректори забезпечують меншу пружну силу ніж лінійна компоновка без коректорів жорсткості. Окремо слід зазначити, що із збільшенням можливих переміщень жорсткість даної системи різко зростає, що призведе до протилежного відносно віброізоляції ефекту.

Слід також відмітити, що нелінійна характеристика матиме область із квазінульовою жорсткістю лише у випадку, якщо жорсткості пружин та їх попереднє стискання будуть у раціональному співвідношенні:

$$c_s L = c_k\Delta. \tag{3}$$

Характеристики спеціалізованого ТЗ, що має дворівневу систему підресорювання, можна знайти з аналізу консервативної дискретної нелінійної системи, схема якої наведена на рис. 1. Диференційні рівняння, що представляють дану модель представлено системою (4).

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка



а) б)

Рис.3. **Характеристики ферми Мізеса: а) – пружна сила; б) – жорсткість. Пунктирною лінією показані відповідні характеристики лінійної системи**

$$\begin{cases} m_1\ddot{y}_1 + (c_w + c_{sn1})y_1 - c_{sn1}y_{fr} + \frac{L_0}{2}c_{sn1}\phi_1 = c_t\eta_1(t) \\ m_2\ddot{y}_2 + (c_w + c_{sn2})y_2 - c_{sn2}y_{fr} - \frac{L_0}{2}c_{sn2}\phi_1 = c_t\eta_2(t) \\ m_3\ddot{y}_{fr} - c_{sn1}y_1 - c_{sn2}y_2 + (c_{sn1} + c_{sn2})y_{fr} + \frac{L_0}{2}(c_{sn2} - c_{sn1})\phi_1 - F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_1 - \phi_2)\right) - F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_2 - \phi_1)\right) = 0 \\ 2\frac{I_1}{L_0}\ddot{\phi}_1 + c_{sn1}y_1 - c_{sn2}y_2 + (c_{sn2} - c_{sn1})y_{fr} + \frac{L_0}{2}(c_{sn1} + c_{sn2})\phi_1 + F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_1 - \phi_2)\right) - F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_2 - \phi_1)\right) = 0 \\ m_4\ddot{y}_{pl} + F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_1 - \phi_2)\right) + F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_2 - \phi_1)\right) = 0 \\ 2\frac{I_2}{L_0}\ddot{\phi}_2 - F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_1 - \phi_2)\right) + F_{NL}\left(y = x_{pl} - x_{fr} + \frac{L_0}{2}(\phi_2 - \phi_1)\right) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

В системі рівнянь використано позначення, які представлені на схемі на рис. 1, а також додатково введено позначення L_0 для загальної довжини ТЗ, $m_1 = 2m_t + m_{cs}$ – для маси передньої колісної осі, яка складається з маси двох коліс та осі, аналогічно для маси задньої колісної осі $m_2 = m_1$, $m_3 = m_{fr} + m_d$ позначимо для сумарної маси рами та розміщеного на ній обладнання (без врахування вантажної платформи і вантажу), які розглядаються в дані роботі окремо: $m_4 = m_{pl} + m_l$. Також моменти інерції для рами і для вантажної платформи з вантажем позначено I_1 та I_2.

Представлена система диференційних рівнянь розраховувалась чисельним методом Рунге-Кути 4-го порядку. При цьому завдавалось кінематичне навантаження $\eta_1(t)$ та $\eta_2(t)$ на передню та задню осі ТЗ по черзі (рис. 4), що відповідають переїзду на швидкості 5 км/год колесами ТЗ одиночної нерівності, яка має форму пів-синуса з шириною 5 см.

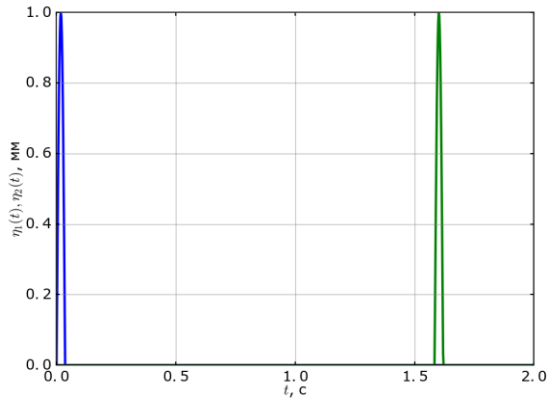
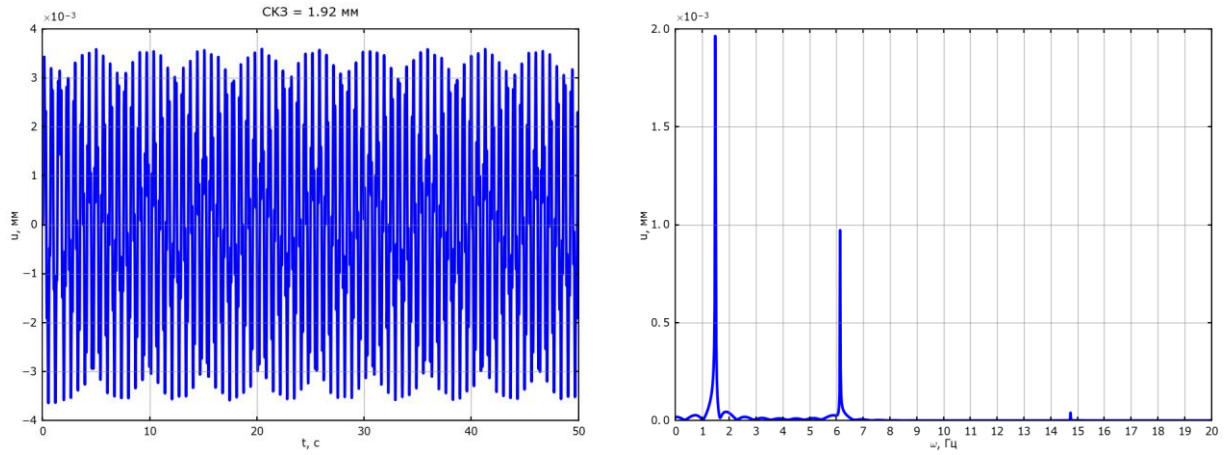


Рис. 4. **Графік залежності навантаження на осі ТЗ від часу**

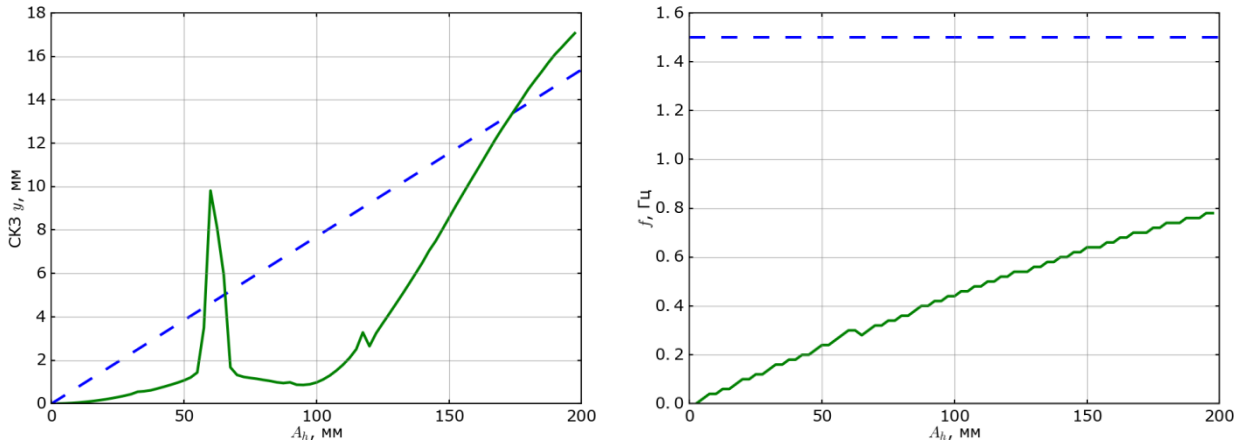
© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка

Процедура чисельних досліджень. Для визначення динамічної поведінки ТЗ система рівнянь (4) розв'язувалась при різних амплітудах навантаження (висоті нерівності). Частотний склад коливань визначався за допомогою перетворення Фур'є. Також для оцінки середньої амплітуди коливань верхньої платформи визначалось її середнє квадратичне значення (СКЗ).



а) б)

Рис. 5. **Реалізація (а) та спектр коливань (б) верхньої платформи з вимкненим нелінійним підресорюванням**



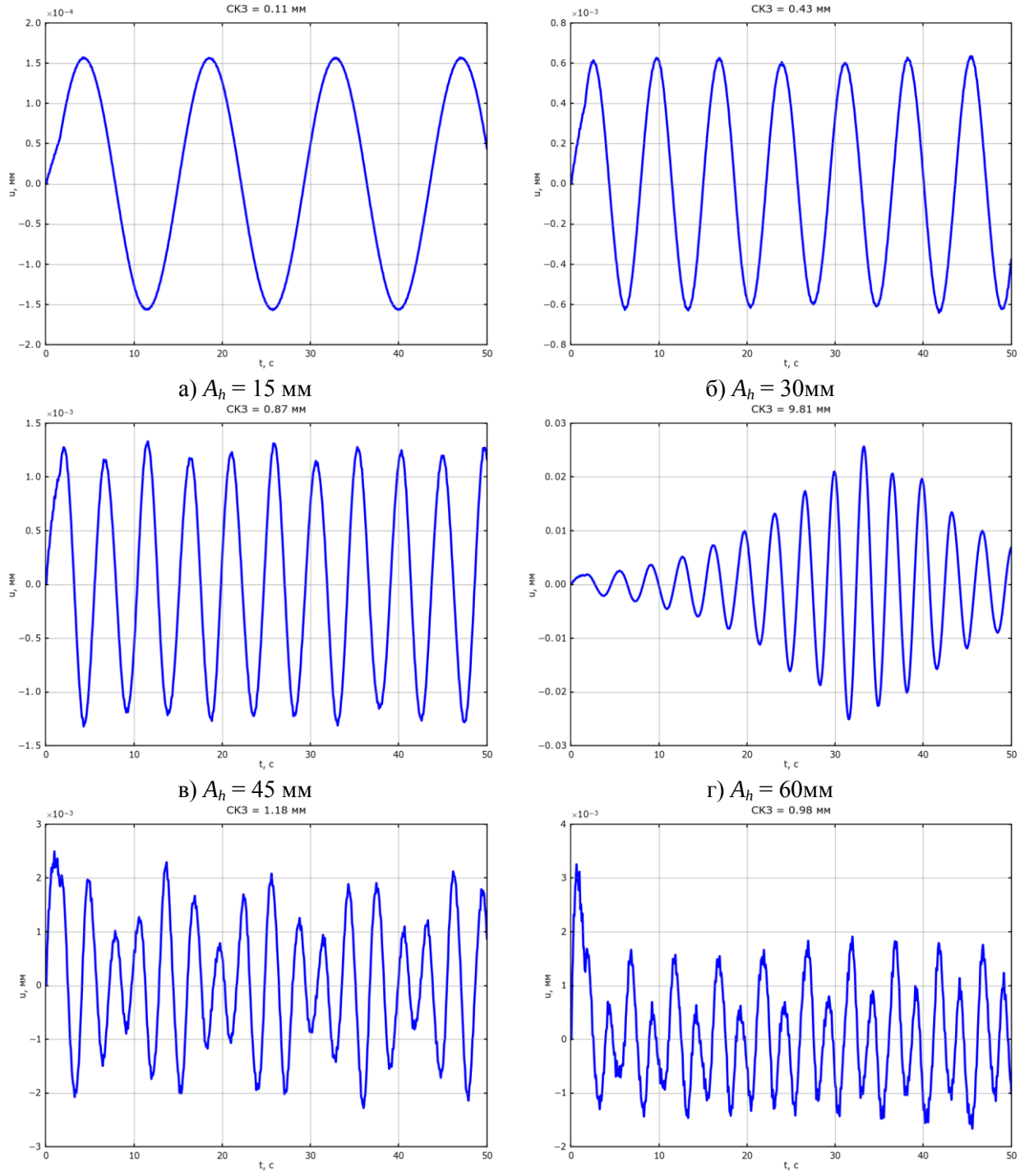
а) б)

Рис. 6. **Графіки залежностей: а) – СКЗ переміщень від висоти нерівності; б) – частоти гармоніки з найбільшою амплітудою від висоти нерівності. Пунктирною лінією показані відповідні характеристики лінійної системи**

Результати досліджень. На рис. 5а наведено результати розрахунку моделі, як залежності в часі для лінійної системи з вимкненими компенсаторами в підресорюванні другого рівня.На рис. 5,б – спектр цього рішення, який обув отриманий швидким перетворенням Фур'є. Для системи лінійного підресорювання величина нерівності дороги впливає лише на амплітуду коливань системи, та не змінює її частоти. У випадку нелінійного підресорювання величина дорожньої нерівності впливає не тільки на амплітуду коливань, а й на частоти системи.

Для вивчення впливу амплітуди нерівності на процес коливань верхньої платформи було проведено серію розрахунків, з різною висотою нерівності (рис. 7) та їх спектри (рис. 8). За даними цих розрахунків були отримано залежність СКЗ коливань верхньої платформи від висоти нерівності (рис. 6, а) та залежність частоти найбільшої за амплітудою гармоніки від висоти нерівності (рис. 6, б). Пунктирною лінією наведено відповідні результати для лінійної системи.

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка



а) A_h = 15 мм б) A_h = 30мм

в) A_h = 45 мм г) A_h = 60мм

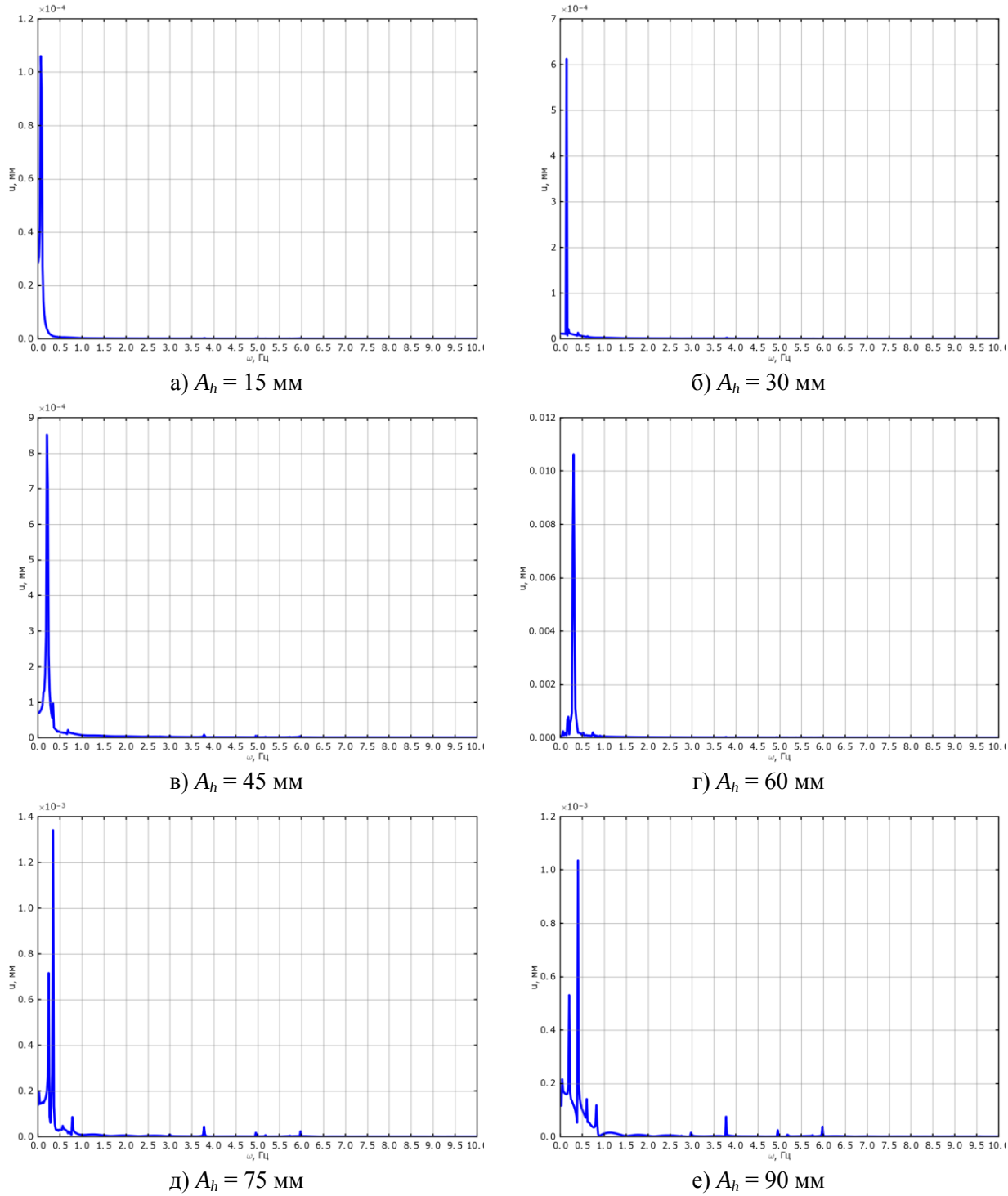
д) A_h = 75 мм е) A_h = 90мм

*Рис. 7.***Графіки коливань верхньої платформи при переїзді нерівності різної висоти**

Аналізуючи результати розрахунків коливань верхньої платформи при переїзді через нерівність у випадку нелінійного підресорювання видно, що характер коливального процесу сильно змінюється з ростом висоти нерівності. При висотах нерівності до 45 мм спостерігається майже моногармонічні коливання з частотами до 0,2 Гц (рис. 7, рис. 8). Така ситуація є сприятливою для вантажу, що перевозиться, через низький рівень віброприскорень. Однак з ростом висоти нерівності процес коливань перестає бути переважно моногармонічним, і починають проявлятися вищі гармоніки. Так при висоті нерівності A_h = 60 мм (рис. 7г, рис. 8г) спостерігається накладання гармонік з близькими частотами (так зване биття). Це явище виникає внаслідок того, що власні частоти різних рівнів підресорювання становляться близькими. З подальшим збільшенням висоти нерівності процес коливань стає суттєво полігармонічним (рис. 8, д, е).

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка

Як видно з результатів розрахунків нелінійне підресорювання забезпечує нижчі рівні вібрації, як за амплітудою так і за частотою, вантажної платформи при величині нерівності менше 175 мм.



а) A_h = 15 мм

б) A_h = 30 мм

в) A_h = 45 мм

г) A_h = 60 мм

д) A_h = 75 мм

е) A_h = 90 мм

Рис. 8. **Спектри коливань верхньої платформи при переїзді через нерівність різної висоти**

Висновки. У роботі побудовано модель та проведено чисельні дослідження коливань спеціального транспортного засобу з лінійним та нелінійним підресорюванням. Проведено порівняльний аналіз їх вібраційних характеристик. Встановлено, що система нелінійної підвіски у порівнянні з лінійною є ефективною при переїзді нерівностей висотою до 175 мм на швидкості 5 км/год. Також нелінійна система підресорювання має у 2,5 рази нижчі власні частоти у порівнянні з лінійною, що сприятливо впливає на вантаж, що транспортується.

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка

Література

1 Волков В. П. Теорія руху автомобіля: Підручник / В. П. Волков, Г. Б. Вільський – Суми: Університетська книга, 2010. – 320 с.

2 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, ISO 2631-1, 2nd ed. The International Organisation for Standardisation, 15 July; 1997. P.S. Els / Journal of Terramechanics 42 (2005) 47–64 63

3 British Standard Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole body mechanical vibration and repeated shock, BS 6841. British Standards Institution; 1987.

4 Hohl G.H. Ride comfort of off-road vehicles / G.H. Hohl // Proc. of the 8th international conference of the ISTVS, vol. I of III, Cambridge, England, August 5–11; 1984.

5 Pradko F. Vibration comfort criteria / F. Pradko, R.A. Lee // Society of Automotive Engineers (SAE). – Technical Paper 660139, Warrendale; 1966.

6 Human exposure to mechanical vibrations whole-body vibration, Verein Deutcher Ingenieure, VDI 2057; September 2002.

7 ST/SGAC.10/1/Rev.17: Recomendations on the transportation of the dangerous goods United Nations (2011), New York and Geneva // режимдоступу: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev17/English/Rev17_Volume1.pdf

8 European Commission. (2006). European road safety action pro-gramme mid-term review. Brussels: European Commission // режимдоступу: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/postimpact/references/index_en.htm

9 Nijol Batarlien Accident probability risk factors of hazardous freight transportation / Nijol Batarlien // Proc. of the 12th International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication” (Rel-Stat’12), 17–20 October 2012, Riga, Latvia, p. 122-127

10 C.H. Skorna Risk and loss prevention within the transport chain / Alexander C.H. Skorna, Christoph Bode, Markus Weiss // Proc. of 20th In-ternational Conference on Management of Technology Risk and loss preven-tion within the transport chain 10-14 April 2011, Florida. – Pp. 16

11. Алабужев П. М. Виброзащитные системы с квазинулевой жесткостью. / К. М. Рагульскис, П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким и др. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд–ние, 1986 – 96 с.

12. Ларін О. Дослідження динамічних характеристик спеціалізованого транспортного засобу, що має дворівневу нелінійну систему підресорювання / O. Larin, S. Sokolovsky, R. Kaidalov[et al.] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. — 2015. — No. 62. — P. 17–22.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2016

© Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовой, О.О. Ларін, О.О. Водка

УДК 625.7/.8:551.525

А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ З ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА ГРУНТУ

На базі подання температури грунту у формі послідовностей з 12-ти випадкових величин з нормальним законом розподілу отримано робочі формули для визначення часу, протягом якого температура поверхні автомобільної дороги перебуває в заданих межах. На прикладі даних метеостанції Полтава показана методика використання отриманих формул та виявлена істотна сезонна мінливість параметрів температурного режиму дорожнього покриття. Результати дослідження можуть використовуватися при плануванні автомобільних перевезень і ремонтних робіт на автодорогах.

Ключові слова: *автомобільна дорога, асфальтобетонне покриття, температурний режим, планування перевезень.*

А.Н. Карюк, Р.А. Мищенко, Б.В. Савенко
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

На базе представления температуры почвы в форме последовательностей из 12-ти случайных величин с нормальным законом распределения получено рабочие формулы для определения времени, в течение которого температура поверхности автомобильной дороги находится в заданных пределах. На примере данных метеостанции Полтава показана методика использования полученных формул и выявлена существенная сезонная изменчивость параметров температурного режима дорожного покрытия. Результаты исследования могут использоваться при планировании автомобильных перевозок и ремонтных работ на автодорогах.

Ключевые слова: *автомобильная дорога, асфальтобетонное покрытия, температурный режим, планирование перевозок.*

A. Kariuk, R. Mishchenko, B.Savenko
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

METHODS OF STATISTICAL ANALYSIS OF METEOROLOGICAL DATA WITH AIR AND SOIL TEMPERATURES

On the basis of the soil temperature representation in the form of sequences of 12 random variables with normal distribution law, a working formula was received for determining the time, during which the temperature of the surface of the road varied in a specified range. On the example of data of Poltava weather station it was shown the methods of using the deduced formulae, and discovered significant seasonal variability of parameters of the thermal behavior of the road pavement. The research results can be used when planning repair work on motor roads and when planning motor transportation.

Keywords: *motor road, bituminous concrete pavement, thermal behavior, motor transportation planning.*

Постановка проблеми. Температурний режим полотна автомобільної дороги істотно впливає на його експлуатаційні властивості. Перевищення температури розм'якшення дорожнього бітуму призводить до зменшення несучої здатності дорожнього одягу, його деформації під колесами автомобілів та утворення колійності. Значне зниження температури може призвести до крихкості бітуму та руйнування дорожнього одягу під дією динамічного навантаження від транспортних засобів. Тому прогнозування температурного режиму дорожнього покриття за даними про температуру поверхні грунту є актуальним завданням, розв'язання якого допоможе оптимізувати автомобільні перевезення з урахуванням допустимого режиму експлуатації доріг.

Мета дослідження полягає в розробленні та апробації на конкретних прикладах розрахунку методики визначення тривалості часу, протягом якого рух великовагових автомобілів може спричинити пошкодження дорожнього покриттяв кожному з місяців року.

Для дослідження температури поверхні грунту та покриття автомобільних доріг створена електронна база даних, у якій за результатами спостережень на метеостанціях України наведені статистичні характеристики середньомісячних значень температри повітря і грунту для кожного року з місяців року. У попередніх дослідженнях [6, 7] показано, що математичне сподівання M_{CM} і стандарт S_{CM} середньомісячних температур грунту можна перерахувати у відповідні характеристики поточних значень температури дорожнього покриття $M_Д$ і $S_Д$ за формулами

© А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко

$$M_Д = M_{СМ}; \qquad S_Д = S_{СМ}\sqrt{20} = 4,47 \cdot S_{СМ}. \tag{1}$$

Температура дорожнього покриття визначається температурою поверхні грунту та впливом сонячної радіації, яка додатково нагріває асфальтобетон. Зростання температури поверхні унаслідок дії сонячної радіації можна наближено оцінити за формулою знормативного документу [2]:

$$\theta = 0,05 \times \rho \times S_{\max} \times k \times k_1, \tag{2}$$

де S_{max} – максимальне значення сумарної (прямої і розсіяної) сонячної радіації, яке приймається за таблицею ДБН [2] і для горизонтальної поверхні дорівнює S_{max}=890 Вт/м^2.

$k = 1$ – коефіцієнт, що приймається за таблицею норм [2];

$k_1 = 0,4$ –коефіцієнт, прийнятий затаблицею нормативного документу[2] для товщини дорожнього покриття 15-39 см;

ρ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні конструкції, що приймається за нормативним документом [3] залежно від фактури та кольору поверхні.

З метою переходу від температури поверхні грунту до температури дорожнього покриття оцінимо вплив сонячної радіації для трьох варіантів поверхні:

1) трав'яний покрив, аналогічний штукатурці зеленого кольору з ρ=0,6;
2) піщана або глиниста поверхня грунту, аналогічна до штукатурки кремового кольору з ρ=0,4;
3) асфальтобетонне покриття з ρ=0,9.

Розрахунки за формулою (2) дають такі результати для цих поверхонь:

$\theta_1 = 0,05 \cdot 0,6 \cdot 890 \cdot 1 \cdot 0,4 = 10,68$ °С – трав'яний покрив;

$\theta_2 = 0,05 \cdot 0,4 \cdot 890 \cdot 1 \cdot 0,4 = 7,12$ °С – пісок;

$\theta_3 = 0,05 \cdot 0,9 \cdot 890 \cdot 1 \cdot 0,4 = 16,02$ °С – асфальтобетон.

Таким чином, температура асфальтобетонного покриття автомобільної дороги в літній період часу може бути на 16,02–10,68=5,3ºС вищою за температуру поверхні грунту з трав'яним покривом та на 16,02–7,12=8,9ºС вищою за температуру відкритої поверхні піщаного грунту. З деяким запасом надійності надалі будемо вважати, що температура асфальтобетонного покриття може бути на 10ºС вищою, ніж температура поверхні грунту, виміряна на метеостанції.

Кількість днів, протягом яких у даному місяці року температура поверхні здорожнього покриття буде нижчою за задану температуру X, можна визначити за формулою[5]

$$T_X = 30 \times F_Д(M_Д, S_Д, X) \tag{3},$$

де 30 – кількість днів в місяці;

$F_Д(M_Д, S_Д, X)$ – функція нормального розподілутемператури поверхні грунту з числовими характеристиками (1).

Результати обчислень за формулою (3) для усіх місяців року і температур в межах –20ºС≤X≤+20ºС наведені в таблиці 1 і на рисунку 1. Сумарні кількості несприятливих днів протягом усього року можна визначити як суму 12-ти місячних значень.

Таблиця 1

Кількість днів з температурою дороги, нижчою від заданної температури X

X, ºС	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Чер.	Лип.	Сер.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
-20	3,1	3,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8
-15	6,1	6,3	3,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,8
-10	10,4	10,6	5,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	7,3
-5	15,4	15,6	9,6	1,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	8,7	14,1
0	20,4	20,6	14,1	4,3	0,4	0,4	0,0	0,0	0,5	1,2	14,5	21,2
5	24,4	24,6	18,9	9,2	1,6	1,3	0,1	0,0	2,3	8,0	20,4	26,4

© А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко

10	27,2	27,3	23,0	15,7	4,7	3,4	0,6	0,1	6,6	20,7	25,1	28,9
15	28,8	28,9	26,1	21,9	10,1	7,0	2,8	1,6	13,6	28,4	27,9	29,8
20	29,6	29,6	28,1	26,4	17,0	12,1	8,6	8,3	21,2	29,9	29,3	30,0

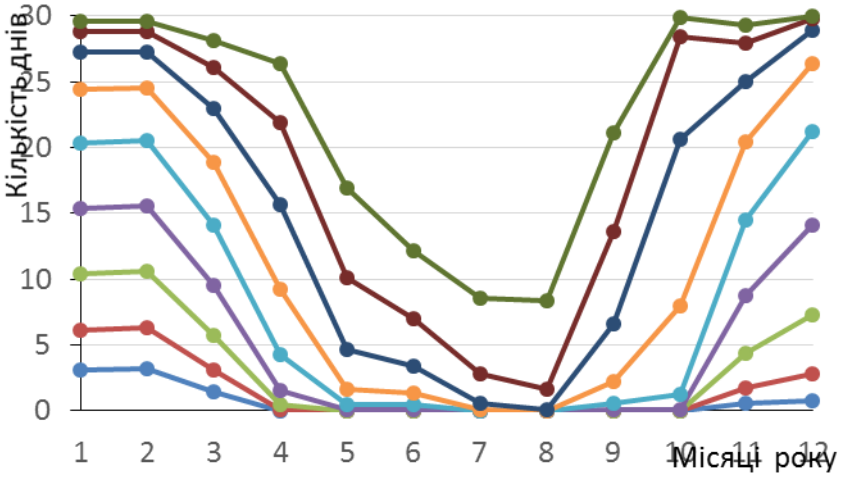


Рис.1 **Кількість днів з температурою дороги, нижчою від заданної температури X**

З таблиці 1 та рисунка 1 видно, що температурний режим поверхні грунту та дорожнього покриття має чітко виражену сезонну мінливість: кількість холодних днів у зимові місяці набагато більша, ніж у літні. Розглядаючи криву для температури X=+10ºC, можна встановити тривалість часу, протягом якого згідно з вимогами норм [1] не можна укладати асфальтобетонне покриття. З жовтня по березень ця тривалість перевищує 20 днів на місяць, що практично унеможливлює дорожні роботи. Укладання асфальтобетону можна планувати на період з травня по вересень коли тривалість несприятливих умов не перевищує 7 днів на місяць.

Кількість теплих днів, протягом яких температура поверхні дороги перевищує задане значення X,визначається за формулою

$$T_C = 30 \times \left[1 - F_Д(M_Д + 10, S_Д, X)\right] \quad (4),$$

де 30 – кількість днів в місяці;

$F_Д(M_Д, S_Д, X)$ - функція нормального розподілу температури дорожнього покриття з математичним сподіванням $M_Д$ та стандартом$S_Д$ за формулою (1).

Збільшення математичного сподівання на 10ºC враховує проаналізований вище вплив сонячної радіації на чорну поверхню асфальтобетону. Результати обчислень за формулою (4) наведені в таблиці 2 і на рисунку 2.

Таблиця 2

Кількість днів з температурою дороги, вищою від заданної температури X

X, ºC	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
10	9,6	9,4	15,9	25,7	29,6	29,6	30,0	30,0	29,5	28,8	15,5	8,8
15	5,6	5,4	11,1	20,8	28,4	28,7	29,9	30,0	27,7	22,0	9,6	3,6
20	2,8	2,7	7,0	14,3	25,3	26,6	29,4	29,9	23,4	9,3	4,9	1,1
25	1,2	1,1	3,9	8,1	19,9	23,0	27,2	28,4	16,4	1,6	2,1	0,2
30	0,4	0,4	1,9	3,6	13,0	17,9	21,4	21,7	8,8	0,1	0,7	0,0
35	0,1	0,1	0,8	1,2	6,8	12,1	12,9	10,0	3,5	0,0	0,2	0,0
40	0,0	0,0	0,3	0,3	2,7	7,0	5,3	2,2	1,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,1	0,1	0,8	3,4	1,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

© А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко

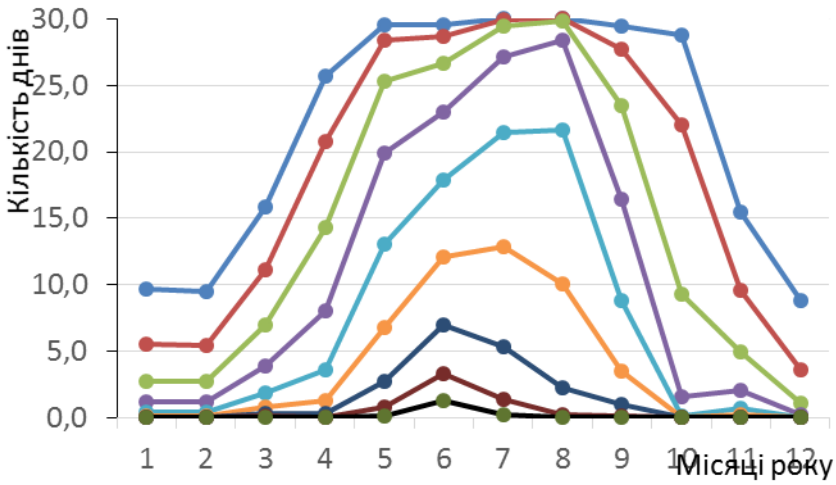


Рис.2 **Кількість днів з температурою дороги, вищою від заданної температури X**

Таблиця 2 та рисунок 2 також підтверджують явно виражену сезонну мінливість температурного режиму дорожнього покриття. Приймемо в якості граничного значення температури поверхні дороги величину X=45ºC, при якій згідно з даними [4] починається розм'якшення асфальтобетону. З таблиці та рисунка видно, що в період з серпня по квітень риск розм'якшення дорожнього покриття є незначним (не більше 0,2 дня на місяць). У теплі місяці року з травня по липень тривалість періоду, коли рух великовагових автомобілів слід обмежити, коливається від 1 до 3 днів на місяць.

Небезпека утворення ожеледі виникає при температурах покриття дороги в межах від –5ºC до 0ºC. Кількість днів на місяць, прорягом яких реалізуються такі температури дорожнього покриття, можна розрахувати за формулою

$$T_O = 30 \times \left[F_Д(M_Д, S_Д, 0) - F_Д(M_Д, S_Д, -5) \right]. \quad (5)$$

Обчислені за формулою (5) кількості потенціально небезпечних днів наведені в таблиці 3 і на рисунку 3. Реальна небезпека утворення ожеледі (при одночасній наявності туману чи дощу) існує в період з листопада по квітень, коли кількість потенційно небезпечних днів становить від 3 до 7 днів на місяць.

Таблиця 3

Кількість днів з температуроюдороги в межах від -5 до 0ºC

Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Чер.	Лип.	Сер.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
4,96	4,93	4,58	2,75	0,35	0,32	0,010,	0,00	0,46	1,5	5,77	7,12

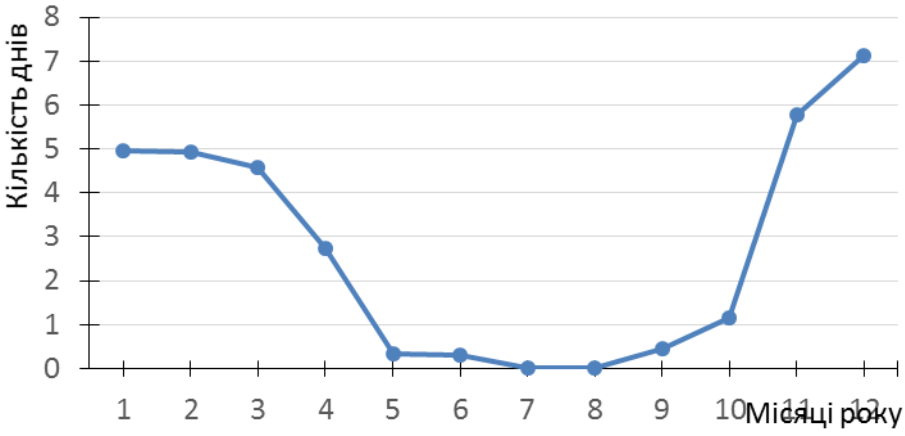


Рис. 3 **Кількість днів з температурою покриття дороги в межах від -5 до 0ºC**

© А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко

Виконані розрахунки дозволяють планувати перевезення та роботи на автомобільних дорогах. Протягом днів, у які температура буде нижчою від +10ºС не можна класти асфальтобетонне покриття, що слід урахувати при плануванні обсягів будівельних та ремонтних робіт у відповідні місяці року. При температурі покриття автомобільної дороги понад +45ºС може пошкоджуватися дорожнє покриття внаслідок розм'якшення асфальту. У ці дні слід заборонити рух великовагового вантажного транспорту, врахувавши тривалість таких періодів при плануванні перевезень. Так само слід зменшити планову тривалість автомобільних перевезень на кількість днів, потенційно небезпечних з точки зору утворення ожеледі.

Висновки:

1. Статистичні характеристики поточних значень температури грунту визначаються через наявні в базі даних характеристики середньомісячних значень, а температура асфальтобетонного покриття автомобільної дороги в літній період часу може бути на 10ºС вищою за температуру поверхні грунту.
2. На базі подання температури грунту у формі послідовностей з 12-ти випадкових величин з нормальним законом розподілу отримані робочі формули для визначення часу, протягом якого температура поверхні автомобільної дороги перебуває в заданих межах. На прикладі даних метеостанції Полтава показана істотна сезонна мінливість температурного режиму дорожнього покриття.
3. Визначення середніх тривалостей перебування температури повітря, грунту чи поверхні автомобільної дороги в заданих межах дозволить обгрунтовано планувати вантажні перевезення, роботи зі спорудження й ремонту автомобільних доріг.

Література

1. ВБН В.2.3-218-547:2010. Споруди транспорту. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах. – К.: Державна служба автомобільних доріг України, 2010.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006.–75 с.
3. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006.–71 с.
4. ДСТУ 4044-2001. Бітуми нафтові дорожні в’язкі. Технічні умови. – К.: Держстандарт України, 2001. –6 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.
6. Температурні впливи на огороджувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. –180 с.
7. Карюк А.М. Метеорологічні дані та розрахункові параметри температури поверхні грунту /А.М. Карюк, Б.В. Савенко// Матеріали Всеукраїнської Інтернет-конференції «Інформаційні технології та землеустрій в управлінні територіальним розвитком». − Полтава, ПолтНТУ, 2016. – С. 310-312.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2016

© А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко

УДК 629.341.02

А.О. Кичма, Р.Я. Предко
Національний університет «Львівська політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПІДВІСКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Запропонована математична модель для дослідження динаміки підвіски легкового автомобіля, яка дозволяє оцінювати взаємозв'язані коливання деталей двигуна, кузова і підвіски. Розроблені алгоритм і програма складені на основі об'єктно-орієнтованого принципу під Windows на мові Borland-Delphi і мають високу ефективність та швидкодію, що дозволяє оперативно здійснювати багатоваріантні дослідження. Апроксимацію нерівностей покриття дороги приводили за допомогою кубічних сплайнів.

***Ключові слова**: автомобіль, підвіска, жорсткість, коливання, пружно-дисипативні ланки, дослідження.*

А.О. Кычма, Р.Я. Предко
Национальный университет «Львовская политехника»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДВЕСКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Предложена математическая модель для исследования динамики подвески легкового автомобиля, которая позволяет оценить взаимосвязанные колебания деталей двигателя, кузова и подвески. Разработаны алгоритм и программа составлены на основе объектно-ориентированного принципа под Windows на языке Borland-Delphi и имеют высокую эффективность и быстродействие, что позволяет быстро проводить многовариантные исследования. Аппроксимацию неровностей покрытия дороги проводили с помощью кубических сплайнов.

***Ключевые слова:** автомобиль, подвеска, жесткость, колебания, упруго-диссипативные звенья, исследования.*

A. Kychma, R. Predko
National University «Lviv polytehnic»

THE MODELING DYNAMICS SUSPENSION CAR

There is mathematical model under consideration for investigation of car dynamic. Logical circuit consists of three mass-system which is one forth of car. Road curve was approximated with cubic splines. The algorithm and program for car dynamic simulation where worked out. Approximation of the irregularities of the road coating made using cubic splines.

***Keywords**: car, suspension, rigidity, fluctuation, elastic-dissipative link, research.*

Постановка проблеми. Сучасні малолітражні автомобілі мають невелику вагу, достатньо високу вантажність і велику швидкість руху. Збільшення ваги навантаженого автомобіля у порівнянні з ненавантаженим може сягати ста і більше відсотків [1]. За таких умов експлуатація здійснюється із значними динамічними перевантаженнямикузова і підвісокавтомобіля. На даний час відомо багато публікацій, які розглядають дані проблеми, але деякі питання ще недостатньо вивчені.У праці [2] авторами на основі експериментальних досліджень зроблено висновок, що основними причинами виникнення коливальних процесів у автомобілі є дисбаланс коліс, вібрації працюючого двигуна і нерівності покриття дороги. Максимальні вібропереміщення підвіски автомобіля, викликані поздовжніми нерівностями дороги у декілька разів перевищують амплітуду вібрацій оборотної частоти непідресорених мас під час його руху.Величина вібрацій непідресорених мас автомобіля, під час його руху на дорогах України в основному залежить від дефектів дорожнього покриття. За таких умов саме можливості підвіски, а не потужність двигуна автомобіля визначає середні та максимально безпечні швидкості руху.

У випадку наявності на поверхні дорожнього покриття однакових, послідовнорозташованих хвилеподібних нерівностей, довжина яких дорівнює довжині кола колеса автомобіля, то підчасйого руху із певною швидкістю,можуть виникати резонансні коливання непідресорених мас[3]. Резонансні явища, які виникають в ходовій автомобіля обумовлюють збільшення навантаження на його кузов, колеса, коробку передач, півосі, підшипники тощо. Нерівності поздовжньої поверхні дороги суттєво впливають на динаміку навантаження елементів автомобілів знижуючи комфортність руху і збільшуючи час та собівартість перевезень [4].

Важливим показником транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг є рівність їх поверхні покриття. У світовій практиці стандартним критерієм стану автомобільних доріг прийнято міжнародний індекс рівності їх покриття IRI(InternationalRoughnessIndex) [5].

В праці [6] для розрахунку IRI за значеннями ординат проїзної частини дороги, які визначені апаратно-програмним комплексом, використовується стандартна двомасова модель. Для реалізації такої моделі застосовують два інерційних модулі вимірювання швидкості переміщення непідресореної і підресореної однієї четвертої частини кузова автомобіля.

© А.О. Кичма, Р.Я. Предко

В Україні до теперішнього часу для оцінки рівності поверхні дорожнього покриття застосовують поштовхоміри різних модифікацій [7]. Застосування поштовхоміра дає менш точні результати, тому його рекомендують використовувати для оцінки рівності поверхні доріг нижчих категорій або під час попередньої експрес оцінки.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розроблення математичної моделі для дослідження динаміки легкового автомобіля на основі об'єктно-орієнтованого принципу під Windows на мові Borland-Delphi, з урахуванням пружно-дисипативних параметрів ланок, навантажувальної характеристики двигуна і нерівностей поверхні покриття дороги.

Математична модель та результати досліджень. Як показують результати експериментів обриси нерівностей покриття дороги є достатньо різні як за величиною так і характером зміни. Часто обриси нерівностей приймають у вигляді плавного синусоїдального профілю відносно середньої лінії нерівності. Враховуючи достатню жорсткість кузова легкового автомобіля і можливість врахування коефіцієнтів взаємовпливу приймаємо розрахункову схему для дослідження динаміки малолітражного легкового автомобіля у вигляді тримасової системи.

Розрахункова схема (рис.1) представляє собою одну четверту частину легкового автомобіля, яка складається з трьох зосереджених мас, зв'язаних між собою пружно-дисипативними ланками. На рис.1 прийняті наступні позначення: m_1 – приведена маса колеса і підвіски автомобіля; m_2 – приведена маса кузова; m_3 – приведена маса деталей двигуна і поршневої групи активного циліндра; z_1, z_2, z_3 – вертикальні переміщення відповідних мас; $h(t)$ – переміщення, яке отримує колесо внаслідок нерівностей дороги; F_{F1}, F_{F2}, F_{F3} – сили, які виникають в пружних ланках; F_{D1}, F_{D2}, F_{D3} – сили, які виникають в демпферах; F_{B1}, F_{B2}, F_{B3} – результуючі сили, які діють на відповідні маси. Змінну в часі силу, яка діє на поршень, знаходили за схемою рівнянь Лагранжа другого роду, використовуючи навантажувальні характеристики двигунів.

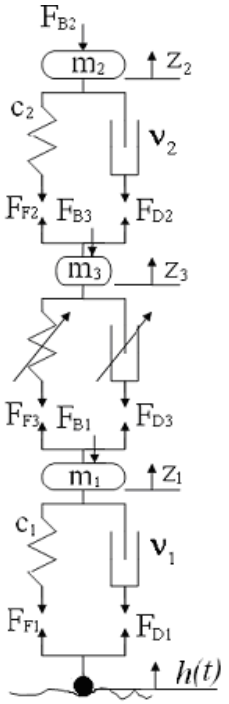


Рис. 1. **Розрахункова схема для дослідження динаміки легкового автомобіля**

$$F_{Aktiv} = m_3\ddot{z}_1 - \nu_2\dot{z}_2 - c_2 z_2 + \nu_2\dot{z}_1 + c_2 z_1 + m_3\Delta\ddot{z}_{32} + \nu_2\Delta\dot{z}_{32} + c_2\Delta z_{32} \qquad (1)$$

Рівняння руху зосереджених мас m_1, m_2, m_3 подамо у вигляді

$$\left[0, m_1 + m_3 0\right]\begin{bmatrix}\ddot{z}_2\\ \ddot{z}_1\\ \ddot{h}\end{bmatrix} + \left[\nu_2, \nu_2 + \nu_1, -\nu_1\right]\begin{bmatrix}\dot{z}_2\\ \dot{z}_1\\ \dot{h}\end{bmatrix} + \left[c_2, c_2 + c_1, -c_1\right]\begin{bmatrix}z_2\\ z_1\\ h\end{bmatrix} = -\left(m_3\Delta\ddot{z}_{32} + \nu_2\Delta\dot{z}_{32} + c_2\Delta z_{32}\right); \qquad (2)$$

© А.О. Кичма, Р.Я. Предко

$$m_2\ddot{z}_2 + \nu_2\dot{z}_2 + c_2z_2 - \nu_1\dot{z}_1 - c_1z_1 = \nu_2\Delta\dot{z}_{32} + c_2\Delta z_{32}; \quad (3)$$

$$(m_1 + m_3)\ddot{z}_1 + (\nu_2 + \nu_1)\dot{z}_1 + (c_2 + c_1)z_1 - \nu_2\dot{z}_2 - c_2z_2 - \nu_1\dot{h} - c_1h = -(m_3\Delta\ddot{z}_{32} + \nu_2\Delta\dot{z}_{32} + c_2\Delta z_{32}). \quad (4)$$

Тут прийняті наступні позначення: c_1 та c_2 жорсткості пружних ланок; ν_1 та ν_2 коефіцієнти лінійного затухання; $\Delta z_{32} = z_3 - z_1$, $h_i = z_{i+1} - z_i$ – значення вертикального переміщення колеса з підвіскою; $\dot{z}_1$, $\dot{z}_2$, $\Delta\dot{z}_{32}$, $\dot{h}$ – перша похідна за часом; $\ddot{z}_1$, $\ddot{z}_2$, $\Delta\ddot{z}_{32}$, $\ddot{h}$ – друга похідна за часом.

Розв'язування системи диференціальних нелінійних рівнянь проводили методом Рунге-Кутта з можливістю задавати необхідну точність розрахунку і автоматичним вибором кроку інтегрування. Нерівності дороги апроксимували за допомогою кубічних сплайнів [8].

Інтерполююче значення для заданого $z = z_i + rh_i$ ($0 < r < 1$) знаходимо за формулою:

$$s_i(z_i + rh_i) = (1-r)^2(1+2r)z_i + r^2(3-2r)z_{i+1} + r(1-r)h_i\left[(1-r)\dot{z}_i - r\dot{z}_{i+1}\right], \quad (5)$$

де $r = (z - z_i)/h$.

Нерівності дороги задавали у вигляді

$$h(r) = h_0 \sin 2\pi fT, \quad (6)$$

де h_0 – початкова амплітуда підвіски, м; f – частота, Гц; T – час у секундах.

Вирази для визначення сил, що виникають у пружних ланках і демпферах мають вигляд:

$$F_{F1} = c_1(h - z_1), \quad F_{D1} = \nu_1(\dot{h} - \dot{z}_1), \quad F_{B1} = m\ddot{z}_1, \quad F_{F2} = c_2(\Delta z_{32} + z_1 - z_2), \quad (7)$$

$$F_{D2} = \nu_2(\Delta\dot{z}_{32} + \dot{z}_1 - \dot{z}_2), \quad F_{B2} = m_2\ddot{z}_2, \quad F_{B3} = m_3(\Delta\ddot{z}_{32} + \ddot{z}_1). \quad (8)$$

Розроблений алгоритм і програма складені на основі об'єктно-орієнтованого принципу під Windows на мові Borland-Delphi [9].Запропонована програма має високу ефективність та швидкодію, що дозволяє оперативно здійснювати багатоваріантні дослідження. На основі описаного підходу досліджено амплітудо-частотні характеристики переміщень кузова та коліс автомобіля і зміни їх пришвидшень за різних значень жорсткостей і демпфуючих характеристик елементів підвіски та поздовжніх відхилень рівності покриття дороги.

Розглянуто динаміку малолітражного легкового автомобіля з такими параметрами: $m_1 = 39$ кг, $m_2 = 229$ кг, $m_3 = 57$ кг, $c_1 = 12{,}7 \cdot 10^3$ Н/м, $c_2 = 17{,}8 \cdot 10^3$ Н/м, $\nu_1 = 127$ Н·с/м, $\nu_2 = 915$ Н·с/м, максимальна початкова амплітуда нерівності $h_0 = 0{,}04$ м, частота $f = 2$ Гц.

На основі чисельного розв'язку рівнянь (1) – (4), використовуючи формули (7) – (8) визначені F_{F1}, F_{F2}, F_{F3}, F_{D1}, F_{D2}, F_{D3}, F_{B1}, F_{B2}, F_{B3} і побудовані їх графічні залежності. Отримані графічні залежності переміщень, швидкостей, пришвидшень і силових параметрів,що виникають у пружних ланках і демпферах, дозволяють дослідити динаміку підвіски автомобіля за різних режимівексплуатації. Для прикладу на рис. 2 наведено часові залежності зміни вертикальних переміщень колеса і кузова автомобіля, а на рис. 3 - часові залежності пришвидшення кузова і коліс автомобіля з урахуванням поздовжньої нерівності дороги.

© А.О. Кичма, Р.Я. Предко

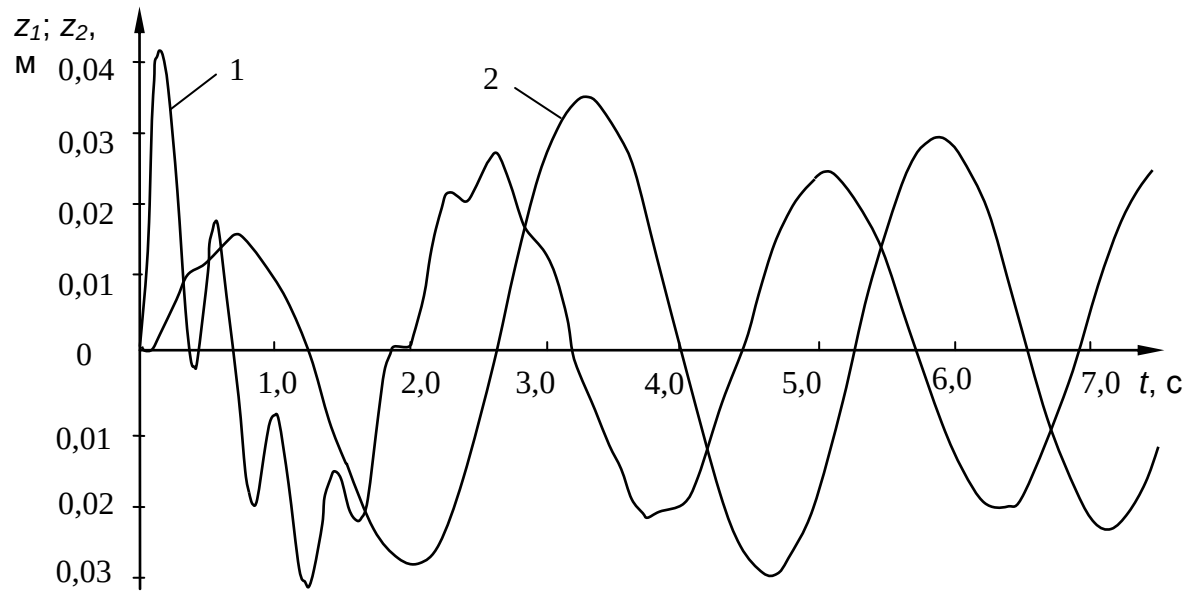


Рис. 2. **Зміна вертикальних переміщень колеса(крива 1) і кузова автомобіля (крива 2)**

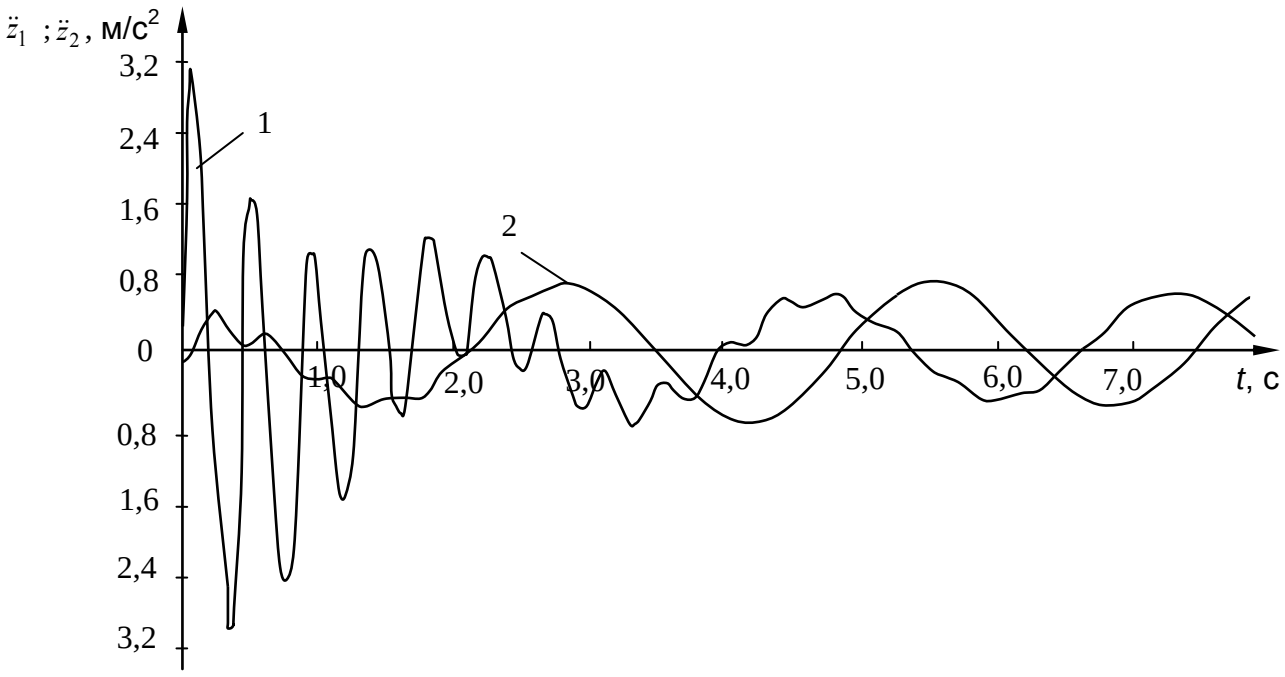


Рис. 3. **Зміна прискорення колеса (крива 1) і кузова автомобіля (крива 2)**

Для оцінки точності розрахунків згідно запропонованого підходу проведено експериментальні дослідження малолітражного автомобіля на сервогідравлічному випробувальному стенді. При цьому було використано апаратуру, що включала набір акселерометрів, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), погоджуючі приставки та ноутбук. Отримані експериментальні дані навантаження елементів підвіски автомобіля у залежності від їх жорсткістних і дисипативних властивостей пружних ланок та параметрів профілю дороги, якісно і кількісно узгоджуються з результатами отриманими за допомогою числового експерименту.

Висновки.

Аналіз результатів розрахунків показує, що запропонована математична модель може ефективно використовуватись під час дослідження динаміки легкових автомобілів за значеннями ординат проїзної частини покриття дороги, які застосовуються для визначення індексу IRI та параметрів рівності дорожнього покриття за показниками поштовхоміра. За результатами

отриманих розрахунків можна обґрунтувати раціональні умови експлуатації малолітражних автомобілів, виходячи з критеріїв мінімальних динамічних навантажень.

Запропонований підхід дає змогу вибрати оптимальні параметри підвіски малолітражного автомобіля, з урахуванням величини поздовжніх відхилень рівності покриття дороги, які найбільш часто зустрічаються у практиці експлуатації автомобільних доріг України.

Література

1. Павленко В.М., Криворучко О.О. Сучасний стан розвитку активних підвісок для легкових автомобілів // Вісник НТУ «ХПІ». 2014. № 9. – С. 54 – 60.

2. Ткачук В.П. Експериментальні дослідження автоматичного балансування коліс автомобіля рідиною під час його руху // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2012. № 3. – С. 155 – 163.

3. Нємий С.В., Данило Я.Я. Оцінка технічного стану колісних вузлів автомобіля за параметрами коливань не- підресорених мас // Вісник НУ «ЛП» Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. 2011. № 701. - С. 79 – 83.

4. Соколовський С.А. Автоматизований розрахунок характеристик підвіски автомобіля у середовищі моделювання SIMULINK // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. 2014. Випуск 1 (23). – С. 17 – 23.

5. The International Road Roughness Experiment. Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements // The World Bank. USA. Washington. 1986. - 453 p.

6.Бочкарев Н.Н. Аппаратно-программный комплекс для определения международного индекса продольной ровности автомобильных дорог // Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч. практ. конф. 29 ноября 2013 г. Часть 10; М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013.- С. 23 – 24.

7. Савенко В.Я., Кіяшко Д.І. Зв'язок між оцінками рівності поверхні дорожнього покриття за показниками поштовхоміра та IRI // Вестник ХНАДУ. 2011. Вып. 53. С. – 83–86.

8. Karl Hantzschmann, Basisfunktionen fur Polymonsplines, Dresden, 1987. - 329 p.

9.Borland Delphi: (Der Weg zur effektiven Windows-Programmierung); Stelios Tsaousidis. - Munchen: SAMS. ISBN 3-87791-828-X.- 808 p.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2016

© А.О. Кичма, Р.Я. Предко

УДК 656.13

В.В. Ковалишин, В.В. Гілевич
Національний університет «Львівська політехніка»

ВПЛИВ ДОРОЖНІХ УМОВ НА ІНТЕРВАЛИ ТА ШВИДКІСТЬ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Досліджено часові інтервали між транспортними засобами та їх швидкості на багатосмуговій вулиці регульованого руху. Визначено їх середні значення на сухому та мокрому дорожньому покритті. На основі досліджень отримано залежності зміни інтервалів між ТЗ від швидкості їх руху та мінімально необхідної дистанції між ними.
***Ключові слова**: транспортний засіб, часові інтервали, швидкість руху, дистанція безпеки.*

В.В. Ковалишин, В.В. Гилевич
Национальный университет «Львовская политехника»

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНИХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕРВАЛЫ И СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Исследованы временные интервалы между транспортными средствами и их скорости на многополосной улице регулируемого движения. Определены их средние значения на сухом и мокром дорожном покрытии. На основе исследований получены зависимости изменения интервалов между ТС от скорости их движения и минимально необходимой дистанции между ними.
***Ключевые слова:** транспортное средство, временные интервалы, скорость движения, дистанция безопасности.*

V. Kovalyshyn, V. Hilevych
National University «Lviv Polytechnic»

THE INFLUENCE OF ROAD CONDITIONS ON INTERVAL AND SPEED OF THE VEHICLE

Researched time intervals between vehicles and their speed on multi-adjustable street traffic. Determined average values of dry and wet road surfaces. Based on research obtained changes depending on the intervals between the vehicle speed of their movement and the minimum necessary distance between them.
***Keywords:** vehicle, time intervals, speed, safety distance*

Постановка проблеми. Рух у щільному потоці транспортних засобів (ТЗ) вимагає від водія особливої уваги та високої концентрації. В таких умовах багато що залежить від водія транспортного засобу, що їде попереду («водій-лідер»). Оскільки при русі в щільному потоці, видимість дороги перед автомобілем лідером обмежена, то водію що рухається позаду, важко буде заздалегідь передбачати причини ймовірного зниження швидкості або екстреної зупинки. Найбільшу небезпеку при цьому становить рух за ТЗ на бугатосмугових вулицях магістрального типу, особливо в момент розгону за 50-100 м від регульованого перехрестя [1-3].

У зв’язку з цим **метою роботи** є дослідити часові інтервали між ТЗ та їх швидкості на багатосмуговій вулиці регульованого руху за різних умов.

Результати досліджень. Вибір дистанції в транспортному потоці (ТП) є важливим завданням. Часто це пов'язано з ризиком, особливо при одночасному русі в потоці ТЗ з різними габаритами, тяговою і гальмівною динамічністю. Безпечна дистанція залежить від швидкості ТП, розмірів і завантаження ТЗ, конструкції їх гальмівних систем, а також від типу та стану дорожнього покриття [2-3].

Тому, вирішено встановити дисциплінованість водіїв при виборі безпечної дистанції між автомобілями під час руху на багатосмугових вулицях міста. На першому етапі досліджено фактичні інтервали між ТЗ за різних умов [4-5].

На основі проведеного експерименту побудовано гістограму, рис. 1, та кумуляту, рис. 2, розподілу часових інтервалів між автомобілями при інтенсивності руху в межах 1200-1300од./год та середній частці легкових автомобілів у ТП більше 80%.

© В.В. Ковалишин, В.В. Гілевич

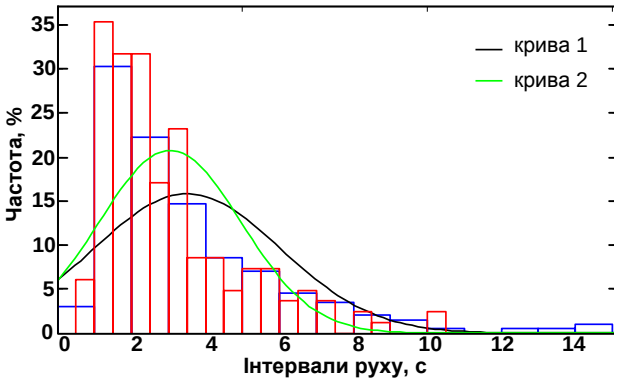


Рис. 1. **Гістограма розподілу часових інтервалів між автомобілями: 1 – при мокрому дорожньому покритті; 2 – при сухому дорожньому покритті**

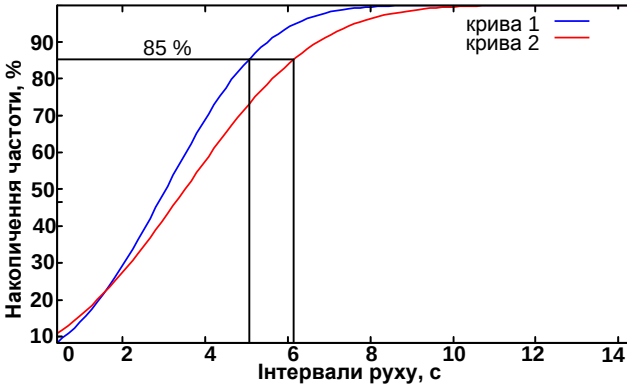


Рис. 2. **Кумулята розподілу інтервалів між автомобілями: 1 – при сухому дорожньому покритті; 2 – при мокрому дорожньому покритті**

Проведені дослідження показали, що часові інтервали між ТЗ на багатосмуговій магістралі при мокрому дорожньому покритті є більшими ніж на сухому. Тобто, водії у складніших дорожніх умовах дотримуються більшої дистанції для підвищення власної безпеки.

На основі аналізу кумулятивної кривої розподілу часових інтервалів між ТЗ можна зробити висновок: за 85 % забезпечення інтервали між ТЗ на сухому дорожньому покритті становлять 5,06 с, а на мокрому – 6,19 с, тобто збільшуються на 22 %.

Статистичні дані часових інтервалів між ТЗ на магістральній вулиці при різних дорожніх умовах подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Статистичні дані часових інтервалів між ТЗ на магістральній вулиці за різних умов

Стан дорожнього покриття	Статистичні показники			
	Математичне очікування, с	Мінімальне значення, с	Максимальне значення, с	Середнє квадратичне відхилення, с
Сухе	3,04	0,54	10,44	1,92
Мокре	3,51	0,71	14,25	2,51

Видно, що середнє значення інтервалу між автомобілями при мокрому дорожньому покритті на 15 % є більшим ніж при сухому стані покриття. Аналогічно зростають максимальні значення та середні квадратичні відхилення, відповідно, на 36% та 31%.

При малій інтенсивності руху на дорозі, водій вибирає швидкість залежно від дорожніх умов (ширина і кількість смуг руху, профілю, якості та стану дорожнього покриття), погодних умов, висотної відмітки, умов видимості і вимог ПДР. У кожному окремому випадку швидкість повинна поєднуватися з досвідом водія, навколишнім середовищем, інтенсивністю руху та дорожніми умовами. Чим більша швидкість, тим важче водію керувати ТЗ, оскільки йому залишається менше часу для прийняття рішення.

На другому етапі проведеного експерименту побудовано гістограму, рис. 3, та кумуляту, рис. 4, розподілу швидкостей руху автомобілів-лірерів та автомобілів, що рухаються позаду них при інтенсивності руху в межах 1200-1300 од./год та середній частці легкових автомобілів у потоці більше 80 %.

© В.В. Ковалишин, В.В. Гілевич

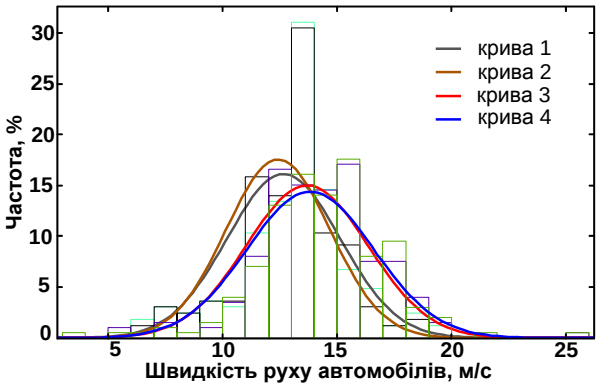


Рис. 3. **Гістограма розподілу швидкостей руху:**
1 – автомобіля-лідера при сухому дорожньому покритті; 2 – другого автомобіля при сухому дорожньому покритті; 3 – другого автомобіля при мокрому дорожньому покритті; 4 – автомобіля-лідера при мокрому дорожньому покритті

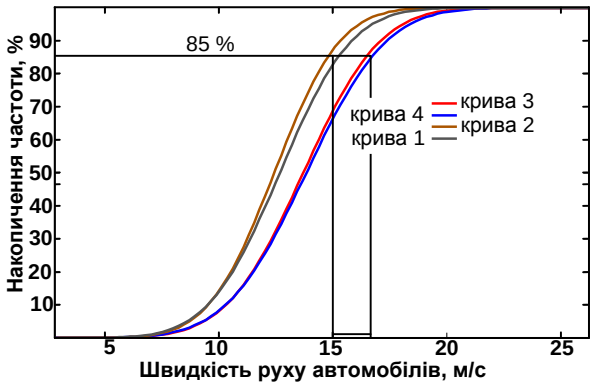


Рис. 4. **Кумулята розподілу швидкостей руху:**
1 – за сухого дорожнього покриття автомобіля-лідера; 2 – за сухого дорожнього покриття другого автомобіля; 3 - за макрого дорожнього покриття другого автомобіля; 4 – за мокрого дорожнього покриття автомобіля-лідера

Швидкість руху ТЗ на багатосмуговій магістралі на мокрому дорожньому покритті є більшою ніж на сухому. Також, з аналізу гістограми можна зробити висновок, що швидкість другого автомобіля, як на сухому, так і на мокрому дорожньому покритті є меншими за швидкість автомобілів-лідерів.

Розглядаючи кумулятивну криву швидкостей руху можна зробити висновок: при 85 % забезпеченні середня швидкість ТЗ на сухому дорожньому покритті становить 15 м/с, на мокрому – 16,67 м/с, що більше на 11 %.

Статистичні дані швидкостей руху ТЗ за різних умов подано у таблиці 2.

Видно, що середні значення швидкостей ТЗ при мокрому дорожньому покритті на 10 % є вищими, ніж при сухому. Аналогічно зростають максимальне значення та середнє квадратичне відхилення, відповідно, на 35 % та 16 %.

Таблиця 2

Статистичні дані швидкостей руху на магістральній вулиці за різних умов руху

Стан дорожнього покриття	Швидкість руху	Статистичні показники			
		Математичне очікування, м/с	Мінімальне значення, м/с	Максимальне значення, м/с	Середнє квадратичне відхилення, м/с
Сухе	Автомобіля-лідера	12,37	6,11	19,17	2,23
	Другого автомобіля	12,62	5,83	20,27	2,44
Мокре	Автомобіля-лідера	13,72	4,99	26,36	2,66
	Другого автомобіля	13,84	3,33	26,36	2,77

Залежність часових інтервалів між ТЗ від їх швидкості на багатосмуговій магістралі при різних умовах показано на рисунку 5.

© В.В. Ковалишин, В.В. Гілевич

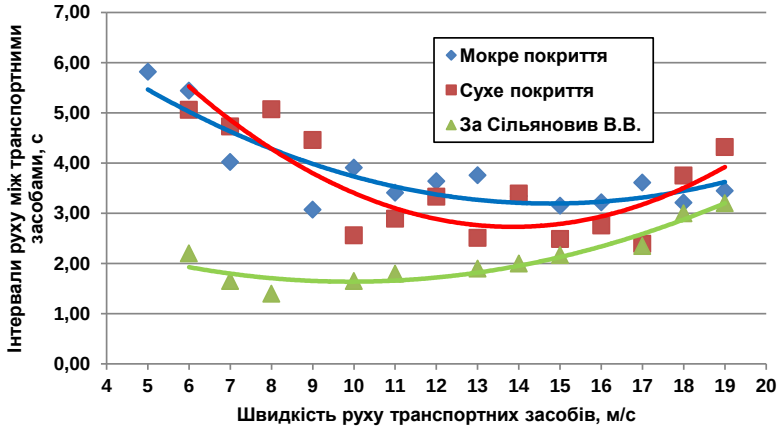


Рис. 5. **Залежність інтервалів руху ТЗ від їх швидкості на багатосмуговій магістралі за різних умов**

Видно, що часові інтервали між ТЗ на мокрому покритті досягають найменших значень при швидкості руху від 10 до 17 м/с і становлять: мінімум – 3,3 с, максимум – 3,8 с. На сухому покритті часові інтервали досягають найменших значень при такій ж швидкості, що і на мокрому та знаходяться в межах від 2,7 с до 3,4 с, що є меншим порівняно з вологим покриттям на 22 %.

Порівнюючи експериментальні дані з результатами отриманими Сільяновим В.В. [4], що отримані часові інтервали між автомобілями в середньому вдвічі більшими.

Враховуючи дослідження гальмівного шляху (за допомогою приладу «Sprint SG-2» [6]) та часових інтервалів між транспортними засобами було побудовано залежність фактичного інтервалу між транспортними засобами від мінімально необхідної дистанції, рис. 6.

Видно, що за швидкості руху від 20 до 70 км/год фактичний інтервал між транспортними засобами на магістральній вулиці на 45 % є більшим за мінімально необхідну дистанцію між автомобілями, що суттєво впливає на безпеку руху. Так як за таких часових інтервалів між ТЗ, особливо на мокрому дорожньому покритті, водії можуть не встигнути загальмувати, що в свою чергу призведе до аварійної ситуації.

Висновки. Отримані результати досліджень показують, що часові інтервали між транспортними засобами при сухому дорожньому покритті на 22 % менші ніж на мокрому. їх швидкості на багатосмуговій вулиці регульованого руху. Порівняльним аналізом експериментальних даних часових інтервалів між ТЗ з отриманими Сільяновим В.В., встановлено, що вони зросли майже вдвічі. Це можна пояснити тим, що попередні дослідження були проведені у 70-х роках минулого століття, а від тоді тягово-швидкісні характеристики ТЗ суттєво покращилися і відповідно зросли їх швидкості. І водії, для власної безпеки, будуть витримувати більші інтервали між ТЗ.

Встановлено, що фактичний інтервал між ТЗ на 45 % більший за мінімально необхідну дистанцію між ними, що суттєво впливає на безпеку руху. На основі досліджень отримано залежності зміни часових інтервалів між ТЗ від швидкості їх руху та мінімально необхідної дистанції.

© В.В. Ковалишин, В.В. Гілевич

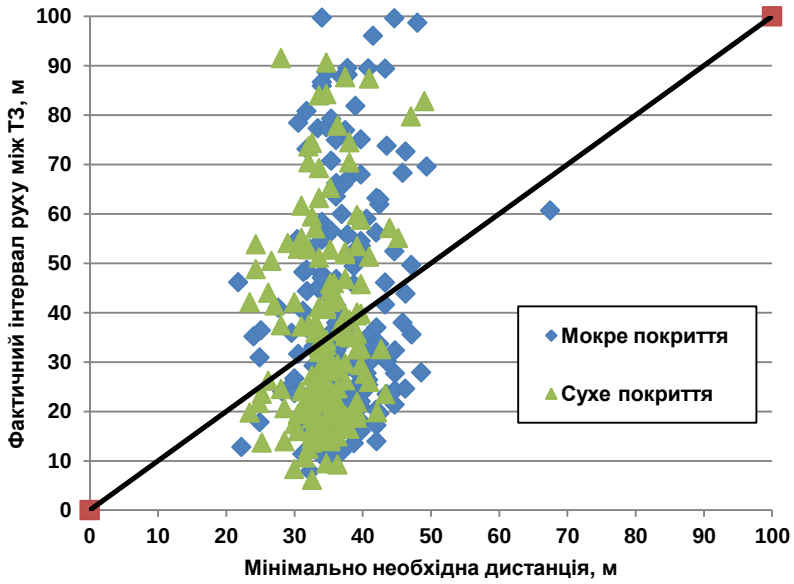


Рис. 6. **Залежність фактичного часового інтервалу між транспортними засобами від мінімально необхідної дистанції**

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лобанов Е.М. Пропускная способность автомобильных дорог / Е.М. Лобанов, В.В. Сильянов, Ю.М. Ситников, Л.Н. Сапегин. – М.: Транспорт, 1970. – 152 с.

2. Пальчик А.М. Транспортні потоки / А.М. Пальчик. – К.: Національний транспортний університет, 2010. – 172 с.

3. Романов А.Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции / А.Г. Романов. – М.: Транспорт, 1984. – 80 с.

4. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учеб. для высш. учеб. заведений / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – 2-е изд. – М. : Изд-ий центр «Академия», 2008. – 352 с.

5. Васильєв А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : учеб. для вузов / А. П. Васильєв, В. М. Сиденко. – М. : Транспорт, 1990. – 304 с.

6. Sprint SG-2 – прибор для измерения динамичиских характеристик автомобиля [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://www.turbogarage.com.ua /item.php? category= electronics&part=5.

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2016

© В.В. Ковалишин, В.В. Гілевич

УДК 656.025.2

Д.М. Копитков
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСТАХ

Запропоновано спосіб розрахунку науково обґрунтованої кількості респондентів та статистичну оцінку узгодженості їх думок під час проведення обстежень з підвищення якості пасажирських перевезень у містах, що сприятиме прийняттю належних управлінських рішень у галузі функціонування міського пасажирського транспорту.

Ключові слова: *якість, пасажир, обстеження, вибірка, репрезентативність.*

Д.М. Копытков
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДАХ

Предложен способ расчета научно обоснованного количества респондентов и статистической оценки согласованности их мнений при проведении обследований по повышению качества пассажирских перевозок в городах, что будет способствовать принятию надлежащих управленческих решений в сфере функционирования городского пассажирского транспорта.

Ключевые слова: качество, пассажир, обследование, выборка, репрезентативность.

D. Kopytkov
Kharkiv National Automobile And Highway University

STATISTICAL EVALUATION OF THE RESEARCH RESULTS TO IMPROVE THE URBAN PASSENGER TRANSPORTATION QUALITY

The method to calculate the science-based number of respondents and statistically evaluate theconcordance of their opinionat the time of the survey for the urban passenger transportation quality improvement has been suggested that would facilitate the appropriate administrative decision-making in the field of the urban passenger transportationoperation.

Keywords: *quality, passenger, survey, sample, representativeness.*

Постановка проблеми. Розглядаючи міський пасажирський транспорт (МПТ) як одну з головних сфер обслуговування потреб суспільства і виробництва, слід зауважити, що в сучасних ринкових відносинах ключовою категорією і основою успішного розвитку як окремих підприємств, так й видів транспорту стає поняття якості транспортних послуг, під яким розуміють сукупність характеристик послуги, які визначають її здатність задовольняти встановлені або передбачувані потреби споживача [1]. МПТ являє особливий інтерес для вивчення, оскільки його функціонування супроводжується значним соціально-економічним ефектом. Взаємний зв'язок економічного і соціального ефектів визначається тим, що економічний ефект є матеріальною основою соціального, а зростання соціального ефекту створює кращі умови для зростання економічного ефекту, тобто підвищенню продуктивності та інших техніко-економічних показників в будь-якій області прикладення праці. Через зазначені вище обставини перевезення пасажирів міським транспортом є комплексною проблемою, вирішення якої пов'язане не тільки з забезпеченням показників діяльності підприємств МПТ, але й з надання транспортних послуг з такою якістю, які б відповідала потребам населення і формувала позитивне ставлення пасажирів до МПТ.

За ринкових умов оцінка якості товару або послуги має здійснюватися, виходячи з думок споживачів, і проводитися шляхом організації соціологічних досліджень у вигляді різноманітних опитувань. Слід зауважити, що у теперішній час більшості таких досліджень притаманні істотні недоліки: відсутні дані про репрезентативність вибірки – опитування обмежується якоюсь науково необґрунтованою кількістю респондентів (пасажирів), думку яких вдалося з'ясувати протягом певного часу; залишається невідомою оцінка ставлення пасажирів до такого опитування та узгодженість їх думок; параметри вибірки, що характеризують якість обстеження у цілому [2], не наводяться.

Подібне спрощення є серйозним недоліком, оскільки призводить до значних труднощів, пов'язаних з належним тлумаченням і оцінкою результатів опитування, а також вкрай негативних наслідків для майбутнього міського планування [3]. Відповідно до мети таких обстежень у разі

© Д.М. Копитков

наявності фінансових та матеріальних ресурсів на їх основі разом з подальшими техніко-економічними або технологічними розрахунками й мають прийматися соціально-значущі для мешканців міста рішення щодо можливих змін у організації роботи міського транспорту, а саме: відкриття або закриття маршрутів, обґрунтування трас маршрутів, визначення або зміна тривалості роботи маршрутів, інтервалів руху, кількості й типу рухомого складу на маршрутах й т.і.

Аналіз публікацій. Як вже зазначалося,ефективним інструментом для отримання інформації про будь-яке складне соціальне явище або процес, яким, безумовно, є й функціонування міського пасажирського транспорту, є соціологічне дослідження [4], яке, відповідно до йогомети, може матирізну спрямованість. На пасажирському транспорті такі обстеження отримали назву транспортно-соціологічних, які доцільно реалізовувати у вигляді різноманітних опитувань, передусім, анкетних [5]. Частіш за все, метою цих досліджень є виявлення транспортної поведінки, яка єрізновидомспоживчої поведінки, тобто сукупностідій пасажирів під час вибору ними шляху прямування, виходячи з величини тарифу, комфорту, тривалості та інших характеристик поїздки, і оцінки якості обслуговування на різних видах громадського транспорту.

Загальні питання щодо отримання надійного статистичного матеріалу за результатами певних спостережень розглянуто, наприклад, у роботах [6 – 8], недоліки у проведенні обстежень споживчої поведінки та можливі шляхи їх усунення наведено у роботі [2], загальним проблемним питанням зорганізації соціологічних дослідженьщодо визначення якості пасажирських перевезень у містах присвячено дослідження [9], особливості обґрунтування кількості респондентів та тривалості обстеженьз метою оцінки вибору пасажиром шляху прямування на міському пасажирському транспорті, а також відповідну обробку результатів таких обстеженьрозглянуто у роботах [10, 11], визначення раціональної послідовності та тривалості обстеження міських автобусних маршрутівз метою моделюванняїх роботи надано у дослідженні [12].

Метою статті є розробка підходу до надійної обробки результатів досліджень з визначення напрямків підвищення якості міських пасажирських перевезень методами математичної статистики.

Результати досліджень.Під час оцінки репрезентативності вибірки виокремлюють наступні формальні критерії відбору респондентів [2]: а) відбір проводиться з певної групи (наприклад, користувачі певного маршруту); б) відбір проводиться відповідно до соціально-демографічних або соціально-економічних характеристик (вік, стать, рівень доходів і т.д.).

З метою визначення напрямків щодо підвищення якості перевезень було використано перший критерій як найбільш всеохоплюючий, тобто на одному з маршрутів м. Харків було проведене пробне обстеження думок пасажирів, під час якого протягом робочого тижня було опитано 87 респондентів. Опитування проводилося за допомогою анкети відкритої форми, тобто пасажир сам визначав найважливіші, на його думку, напрямки підвищення якості перевезень. Далі з метою упорядкування і подальшого аналізу всі відповіді за мовно-смисловою ознакою було зведено до чотирьох груп, а саме: 1) покращення умов проїзду – 43 респонденти; 2) покращення інформаційного забезпечення –5 респондентів; 3) дотримання інтервалів руху – 28 респондентів; 4) підвищення безпеки перевезень – 11 респондентів.

За умов наявності розподілу відповідей респондентів пробної вибірки у натуральному та відсотковому виді (представленому як певні частки відповідей пасажирів) можливо розв’язати "зворотну задачу вибірки", тобто визначити обсяг репрезентативної вибірки за формулою [7]

$$N = \frac{(\sum_{i=1}^{k}(p_i \cdot q_i \cdot n_i)) \cdot t^2}{\Delta^2 \cdot \sum_{i=1}^{k} n_k}, \qquad (1)$$

де k – кількість груп респондентів, $k = 4$;

p_i – частка респондентів, що вважає за важливий *i*-й напрямок підвищення якості перевезень;

q_i – частка респондентів, що не вважає за важливий *i*-й напрямок підвищення якості перевезень;

n_i – кількість респондентів у кожній групі, чол.;

t – показник кратності середньоквадратичного відхилення, t = 1,96;

Δ – допустима похибка вибірки, Δ = 5 %.

Відповідно до наведеного розподілу думок також було визначено необхідні для подальшого розрахунку характеристики вибірки, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики пробної вибірки

Напрямок удосконалення	Частка респондентів, що вважає за важливий *i*-й напрямок підвищення якості перевезень, p_i	Частка респондентів, що не вважає за важливий *i*-й напрямок підвищення якості перевезень, q_i	Кількість респондентів в *k*-ій групі, n_k, чол.
Покращення умов проїзду	0,494	0,506	43
Покращення інформаційного забезпечення	0,057	0,943	5
Дотримання інтервалів руху	0,322	0,678	28
Підвищення безпеки перевезень	0,127	0,874	11

Таким чином, обсяг репрезентативної вибірки, тобто кількість респондентів,яка з заздалегідь завданою похибкою (5 %) описуватиме тенденції генеральної сукупності (напрямкипідвищення якості міських пасажирських перевезень) має дорівнювати

$$N = \frac{((0{,}494 \cdot 0{,}506 \cdot 43) + (0{,}057 \cdot 0{,}943 \cdot 5) + (0{,}322 \cdot 0{,}678 \cdot 28) + (0{,}127 \cdot 874 \cdot 11)) \cdot 1{,}96^2}{0{,}05^2 \cdot 87} = 324 \text{ чол.}$$

Таким чином, обсяг пробної вибірки (87 респондентів) є,безумовно, недостатнім, але характеристики цієї вибірки дають уявлення про загальний обсяг спостережень і дозволяють оцінити ступінь залучення фінансових, матеріальних та людських ресурсів для забезпечення якісного (статистично достовірного) обстеження, а такождозволяють зробити висновок про доцільність проведення подібного обстеження взагалі.

Таблиця 2

Оцінка значущості напрямків підвищення якості послуг МПТ респондентами

Напрямок удосконалення (параметр оцінки)	Респондент							Сума балів	Середня сума	Відхилення від середньої суми	Квадрат відхилення від середньої суми	Сума зв'язаних рангів
	1	2	3	…	85	86	87					
Покращення умов проїзду	2	3	3	…	3	3	3	228	174	54	2916	1818
Покращення інформаційного забезпечення	2	2	2	…	1	2	2	128		-46	2116	
Дотримання інтервалів руху	3	2	1	…	3	2	2	182		8	64	
Підвищення безпеки перевезень	2	1	2	…	2	1	1	130		-44	1936	

Наступним етапом дослідження є визначення узгодженості думок пасажирів відносно визначених ними напрямків підвищення якості перевезень, а також загальна оцінка ставлення пасажирів до такого опитування. Кожен пасажир мав оцінити значущість або вагомість зазначеного напрямку шляхом виставлення наступних оцінок (балів) за простою шкалою: "3" – "дуже значна", "2 – "значна", "1" – "незначна". Для пасажира значущість напрямку підвищення якості зменшувалась разом зі зменшенням балів. Дані, необхідні для оцінки узгодженості думок респондентів, наведено у таблиці 2.

Узгодженість думок визначалася за допомогою коефіцієнта конкордації [13, 14], який дозволяє оцінити предмет, процес чи явище, ознаки або характеристики якого є атрибутивними, тобто такими, що з певних причин важко піддаються точній кількісній оцінці[15]. Якість транспортної послуги через свою багатогранність та велику кількість показників, що її можуть описати, також можна віднести до вищезазначеної категорії [1].

Звичайно коефіцієнтконкордації розраховується для відносно невеликої кількості експертів або респондентів (до 20), але введення до формулі показника зв'язаних рангів дає можливість поширити оцінку на більш велику кількість опитаних. Коефіцієнт конкордації дає змогу статистично оцінити ступінь щільності зв'язку між думками певної сукупності респондентів, і розраховується як

$$W=\frac{12\cdot S}{d^2\cdot(m^3-m)-d\cdot\sum_{s=1}^{d}T_s}\ , \tag{2}$$

де S – сума квадратів відхилення від середньої суми;

d – кількість респондентів;

m – кількість параметрів оцінки або ознак;

T_s – показник зв'язаних рангів *s*-йоцінці *d*-го респондента.

Показник зв'язаних рангів розраховується як

$$T_s=\sum_{k=1}^{H_s}(h_k^3-h_k)\,, \tag{3}$$

де H_s – число груп рівних рангів в *s*-й оцінці;

h_k – число рівних рангів в *k*-й групі зв'язаних рангів при оцінці *s*-м респондентом.

Враховуючи дані таблиці 2, визначаємо, що

$$\mathrm{W}=\frac{12\cdot 7032}{87^2\cdot(4^3-4)-87\cdot 1818}=0,29\,.$$

Отже, виходячи зі значення коефіцієнта конкордації, можна зробити висновок, що й думки респондентів є слабко узгодженими [15]. Проте через наявність великої кількість думок, ставлення пасажирів до опитування та інших чинників навколишнього середовища коефіцієнт конкордації є випадковою величиною. Оцінка його значущості може бути проведена, наприклад,за критерієм Пірсона [7,15]

$$\chi^2=\frac{12\cdot S}{d\cdot m\cdot(m+1)-\frac{1}{m-1}\sum_{s=1}^{d}T_s}\,, \tag{4}$$

$$\chi^2=\frac{12\cdot 7032}{87\cdot 4\cdot(4+1)-\frac{1}{4-1}\cdot 1818}=74,37.$$

Коефіцієнт конкордації вважається за значущий, коли виконується умова

$$\chi^2_{розр.} > \chi^2_{табл.}, \quad (5)$$

де $\chi^2_{розр.}$ та $\chi^2_{табл.}$ – розрахункове та табличне значення критерію Пірсона, відповідно.

За таблицею критичних областей розподілу "хі-квадрат" для рівня значущості α, що складає 0,05 і ступеня свободи 3 ($k = m$-1) знаходимо табличне значення критерію [7]

$$\chi^2_{табл.} = (3;\ 0,05) = 7,82.$$

Оскільки виконується умова (5), приймаємо статистично перевірений підсумковий висновок про слабкий зв'язок думок респондентів. Причинами неузгодженості думок можуть бути недостатній обсяг пробної вибірки, ставлення пасажирів до опитування, умови, за яких таке опитування проводилося, рівень підготовки і ставлення до опитування самого обліковця й т.і.

Збільшення обсягу вибірки з метою забезпечення репрезентативності, в свою чергу, також може призвести й до певного збільшення ступеню неузгодженості у відповідях через занадто велику кількість респондентів. У такому випадку для зменшення розбіжності у думках пасажирів доцільно розділяти групи за певною ознакою, що є доступною для дослідників (наприклад – вік, соціальний статус, переваги певних групи пасажирів у користуванні видами МПТ через тариф, комфорт поїздки й т.і.), а чисельний вираз думки певної групи може характеризувати відповідний бал експертної оцінки.

Висновки. Проведення пробного обстеження з подальшою обробкою результатів дозволяє визначити параметри вибірки (передусім, її науково обґрунтовану чисельність)йскороти витрати коштів й часу на проведення основного обстеження через відповідну підготовку матеріалів, дослідників і обліковців, а також оцінити, у цілому, доцільність проведення подібного дослідження.

Статистична перевіркадостовірності отриманих даних дозволяє усунути упередженість, що може виникнути під час невідповідної обробки (або, взагалі, її відсутності) і тлумачення результатівопитувань, і сприяє належному прийняттюуправлінських рішень щодо напрямків підвищення якості транспортного обслуговування населення сучасних міст й подальшого формування позитивного ставлення до функціонування міського пасажирського транспорту.

Література

1. Шраменко Н. Ю. Аналіз рівня конкурентноздатності транспортного підприємства за допомогою комплексної оцінки якості обслуговування/ Шраменко Н. Ю., Нагорний Є. В., Шраменко О. В. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2006. – Вип. 2/2006 (37). – С. 105 – 108.

2. Ильясов Ф. Н. Репрезентативность результатов опроса в маркетинговом исследовании / Ф.Н. Ильясов // Социологические исследования. – 2011. – № 3. – С. 112 – 116.

3. Ваксман С.А. Социально-экономические проблемы прогнозирования развития систем массового пассажирского транспорта в городах / С.А. Ваксман. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 1996. – 289 с.

4. Требін М.П. Соціологія / М.П. Требін, В.Д. Воднік, Г.П. Клімова. – Харків : Право, 2010. – 224 с.

5. Добреньков В.И. Методы социологического исследования / А.И. Кравченко, В.И. Добреньков. – М.: Инфра-М, 2004. – 768 с.

6. Мармоза А.Т. Теорія статистики / А.Т. Мармоза. – К. : Центр учбової літератури, 2013. – 592 с.

7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 2003. – 479 с.

8. Балинова В.С. Статистика в вопросах и ответах / В.С. Балинова. – М. : ТК Велби, Из-во "Проспект", 2004. – 344 с.

9. Гудков В.А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии / В.А. Гудков, М.М. Бочкарева, Н.В. Дулина, Н.А. Овчар. – Волгоград : ВолГТУ, 2008. – 163 с.

10. Горбачев П.Ф. Обоснование количества респондентов для обследования выбора пассажиром пути передвижения в маршрутной системе города / П.Ф. Горбачев, А. В. Макаричев, С.В. Пронин, О.В. Свичинская // Автомобильний транспорт. – 2014. – № 35. – С. 133 – 140.

© Д.М. Копитков

11. Горбачев П.Ф. Обоснование продолжительности наблюдений за поведением пассажиров при выборе пути передвижения / П.Ф. Горбачев, А. В. Макаричев, О.В. Свичинская // Автомобильний транспорт. – 2013. – № 32. – С. 72 – 76.

12. Елисеев М.Е. О проведении обследований городских автобусных маршрутов с целью их последующего моделирования / М.Е. Елисеев, А.В. Липенков, О.А. Маслова // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 1. – С. 42 – 44.

13. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.

14. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б.Г. Литвак. – М. : Радио и связь, 1982. – 184 с.

15. Фёрстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Фёрстер, Б. Рёнц. – М. :Финансы и статистика, 1983. – 303 с.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2016

© Д.М. Копитков

УДК 629.3.017

Л.В. Крайник[1], М.Г. Грубель[2], Я.М. Мазурик[1]
[1]Національний університет «Львівська Політехніка»
[2]Академія сухопутних військ імені Петра Сагайдачного

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ

Для автомобілів, що рухаються в умовах бездоріжжя і на грунтових, піщаних опорних поверхнях що деформуються . Представлено математичну модель динаміки колеса з врахуванням додаткових затрат енергії на деформацію(ущільнення) та зріз і переміщення поверхні, пробуксовування колеса впливу характеристики шини і динамічного перерозподілу навантаження на вісь у процесі руху.

Л.В. Крайник[1], М.Г. Грубель[2], Я.М. Мазурик[1]
[1]Национальный университет «Львовская Политехника»
[2]Академии сухопутных войск им. Петра Сагайдачного

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА С ОПОРНОЙ ДЕФОРМИРУЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Для автомобилей, движущихся в условиях бездорожья и на грунтовых, песчаных опорных поверхностях деформируемых. Представлена математическая модель динамики колеса с учетом дополнительных затрат энергии на деформацию (уплотнения) и срез и перемещения поверхности пробуксовки колеса влияния характеристики шины и динамического перераспределения нагрузки на ось в процессе движения.

L. Kraynyk, M. Hrubel, Y. Mazuryk
[1]National University «Lviv Polytechnic»
[2]Army Academy named Sagaidachnogo

MODELLING OF WHEEL INTERACTION WITH THE DEFORMABLE SUPPORTING SURFACE

For cars moving in off-road and on dirt, sand deformable bearing surface. The mathematical model of the wheel with additional costs of energy on deformation (compaction) and cut and moving surface characteristics influence slipping wheels and tires dynamic redistribution axle load during movement.

Вступ

Дослідно-конструкторські роботи по повнопривідних автомобілях багатоцільового призначення і особливо актуальній Україні. Разом з тим слід констатувати що з часів СРСР основні наукові школи у цій сфері були зосереджені за межами України. Відповідно за винятком хіба що окремих досліджень ще на межі 1970-1980р [1] питання параметричної оптимізації привід і оцінки експлуатаційних властивостей повнопривідних автомобілів багатоцільового призначення, що передбачають регулярну експлуатацію і поза межами асфальтобетонних доріг залишаються маловивченими, наукова школа щодо даної тематики практично відсутня.

Постановка завдання

Метою даної статті є формування математичної моделі взаємодії шини автомобіля з опорною деформуючою поверхнею з умов подальшого моделювання руху і визначення паливо-швидкісних характеристик та оцінки прохідності повнопривідного автомобіля.

Основна частина

Дорожні умови експлуатації повнопривідних багатоцільових автомобілів, насамперед військового призначення у СНД відчутно відрізняються, як і від автомобілів і автобусів загального призначення, так і від типових умов руху машин аналогічного класу ЄС та США у плані значно нижчої питомої частини сумарного пробігу на дорогах I та II категорії з асфальтобетонним покриттям біля 20% , решту сумарного пробігу роз приділяти у сучасній практиці проектування машин цього класу у РФ приблизно розподіляти 10% бездоріжжя, 40% грунтові дороги, 30% дороги з щебеневим, гравійним, піщаним покриттям [2].

Очевидно, що у порівнянні з аналогічним для теорії руху автомобіля деформації шини на жорсткій поверхні ці умови руху обумовлюють розгляд ще 2-х моделей взаємодії пневматичної шини з опорною поверхнею – деформація грунту при відсутній деформації шини та одночасна деформація шини і опорної поверхні. Остання якраз і є характеристикою для шин з централізованою системою регулювання тиску повітря. Обидві інші моделі можна розглядати як

© Л.В. Крайник, М.Г. Грубель, Я.М. Мазурик

спрощені власне даної ситуації. Очевидно також, що на механічну взаємодію шини з поверхнею, що деформується, окрім вертикального навантаження на колесо і характеристики самої шини суттєво впливатиме режим роботи – ведене чи ведуче колесо. В останньому випуску терramеханіка руху взаємодії відчутно ускладнюється додатковим, окрім деформації грунту, шини, ефектом зрізу, переміщення частин грунту та пробуксовування коліс (а відповідно і збільшення опору рухові). Узагальнена схема взаємодії ведучого колеса , шини з поверхнею, що деформується представлена на рис.1

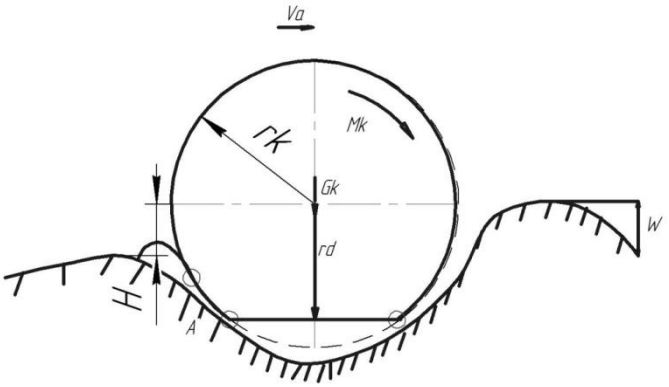


Рис1. **Розрахункова схема взаємодії еластичного колеса з опорною поверхнею, що деформується**

Слід також зауважити, що для опорних деформованих поверхонь(за нечастими винятками) характерним є також практична відсутність мікропрофеля, типового для автодоріг І- категорії, а відповідно всі нерівності з довжини хвилі 100м Е4 відповідності до характеристики мікропрофелю [1] і очевидно теж відчутно впливають на деформування коливань опору рухові.

Таким чином з огляду і аналізу принаймі основних досліджень по терramеханіці руху пневматичної шини [3-7] можна виділити окрім еластичного коефіцієнта опору кочення шин f_k базові складові сумарного опору рухові з складовою залежності від швидкості руху V_a енергозатрат:

- На деформацію механіки грунту $f_д$ (А з рис.1)
- На зріз переміщення грунту з-за пробуксовуючи ведучих коліс А,рис1
- На переборення локальних нерівностей (підйомів, спусків) типових для мікропрофілю доріг без твердого покриття f_h (Н,рис1)

Механіка зрізу да деформація грунту , як опорної поверхні, базується на узагальненні і аналітичних описаних емпіричних даних, що враховуються, як фізико механічні властивості (пружність, тертя в грунті, фільтрація вологи, вологість і т.д.), а також характеристики самої шини(діаметр, ширина та глибина профілю, жорсткість каркасу, тиск повітря і т.д.). Відомо відповідно два десятки залежностей математичних моделей опису деформації (ущільнення та зрізу опорних поверхонь[7,8]), що обумовлюють необхідність отримання відповідних емпіричних коефіцієнтів для конкретних типів опорних поверхонь і шин та умов їхнього навантаження(вертикального навантаження, внутрішній тиск у шині, велечина підведеного крутного моменту і т.д.). У північноамериканських та західноєвропейських дослідженнях, переважає методологія розрахунку взаємодії шини та опорної поверхні, що базується на емпіричних залежностях (M. G. Bekker) та Дж. Вонг(J. Y. Wong)[3-6], у російських дослідженнях Я. С. Огиткіна [7-9]. З практичного досвіду по оцінці впливу 4 типів опорних поверхонь на витрату палива повнопривідних автомобілів (на базі Яворівського полігону) можна констатувати, що з умов наявності, як характеристики шин для багатоцільових мащин у СНД так і емпіричних даних по характеристиках опорних поверхонь з умов достатньої адекватності дорожніх випробовувань та комп'ютерного моделювання є розрахунок додаткового опору рухові від деформації/ущільнення грунту(на базі залежності М. Беккера [3,4,7]):

$$f_g = \frac{3}{(\mu+1)(3-\mu)}\sqrt{\frac{h}{D_k}}, де \quad h = \sqrt[\mu]{\frac{p}{C_0}} \qquad (1)$$

© Л.В. Крайник, М.Г. Грубель, Я.М. Мазурик

Складова додаткова опору рухові ведучого колеса від зміщення/зрізу грунту апроксимується емпіричною залежністю :

$$f_б = 3 \cdot \left[0{,}25 \cdot K_\varphi \cdot \frac{\varphi_п}{\varphi} + 0{,}125 \left(K_\varphi \cdot \frac{\varphi_п}{\varphi}\right)^2\right]$$

Де h-глибина створюваної колії D_k –діаметр колеса, $\mu -$ емпіричний коефіцієнт характеристики пластичності грунту, p- тиск в контакті колесо-опорна поверхня(велечина вертикального навантаження на колесо розділена на площу контакту що залежить від м) C_0 коефіцієнт ущільнення, $\varphi_п$ –фактичний коефіцієнт повздовжнього зчеплення з дорогою, φкоефіцієнт зчеплення шин з дорогою, $К_\varphi$коефіцієнт зчіпної маси автомобіля.

Враховуючи складової додаткового опору рухові обумовленої нерівностями дороги $f_п$, краще всього здійснити на базі емпіричної залежності, що характеризують прямо пов'язані додаткові затрати енергії на переміщення, роботу елементів підвіски на базі емпіричної залежності, запропонованої професором Говорущенком:

$$f_н = \left[\psi_1 \frac{S^2 V_a}{G_a} + \psi_2 \frac{S}{G_a}\right],$$

$$\psi_1 = 3{,}3 \cdot 10^{-7} c + 2{,}26 \cdot 10^{-7}$$

$$\psi_2 = 0{,}56 \cdot 10^{-4} R_p$$

Очевидно, що необхідна значна база емпіричних характеристик опорної поверхні, що у залежності від типу і стану насамперед вологості грунту піщаних доріг/бездоріжжя змінюваним у широкому діапазоні[3,4,7,9]. Очевидно що при визначені глибини колії h і площі контакту шини з поверхнею необхідно враховувати характеристики шин – окрім діаметра та ширини протектора, радіальну та тангенціальну жорсткість шини у взаємозв'язку з внутрішнім тиском повітря, рисунок і висота протектора. Визначним чином ці фактори формулюють і класичну складову опору рухові кочення шини у нелінійному зв'язку з швидкістю руху.

Загалом програма комп'ютерного моделювання розрахунку взаємодії колеса з деформованою опорною поверхнею формується з послідовних 7 блоків підпрограм(включно розрахунок сил зщеплення та величини пробуксовування колеса при заданих значеннях підведеного крутного моменту). Однак вона є тільки частиною програми моделювання руху автомобіля у цілому[8], що базується принаймі на двовимірній динамічній еквівалентній моделі – з врахуванням динамічного перерозподілу навантаження на осі (і враховує пружно - демпфуючі характеристики підвіски) та характер кінематичного зв'язку трансмісії щодо розподілу силового потоку(характеристики диференціалів, варіанти блокування між осевих диференціалів, характеристики автоматики системи, протибуксувальної системи). Очевидно, що ефект ущільнення грунту – формування глибини колії колесам передної осі обумовлює зміну характеристик – опору деформації грунту для кожної з наступних осей.

Для оцінки паливно-швидкісних характеристик руху та параметричної оптимізації нижнього передатного діапазону трансмісії модель можна вважати достатньо адекватною, однак моделювання оцінки прохідності машини з найближчими до реалій неоднаковим опору рухові і мікропрофілем поверхні по лівому і правому бортах обумовлює перехід до 3D моделі з врахуванням роботи між колісних диференціалів та поперечних кренів кузова, перерозподілу навантаження по бортах і відповідно відчутного складнішого структурного алгоритму моделювання.

Враховуючи різні зростання швидкості і операційних можливостей сучасної комп'ютерної техніки практичний інтерес до методології оптимізації вибору конструктивних параметрів і характеристик силового приводу колісних машин багатоцільового призначення (зрештою і для етапу загальної компоновки розподілу навантажень на осях і т.д.) представляє перехід від детермінованого моделювання руху на конкретному типу і стані опорної поверхні до етохатично-детермінованої моделі що базується на послідовному узагальнені значень коефіцієнтів сумарного опору рухові для 6-8 типів опорних поверхонь[2]. Статичні узагальнення отриманих математичних результатів (з врахуванням ймовірного розподілу питомої значимості тих чи інших умов руху і

стану опорної поверхні) дозволяє провести попередню оцінку ефективності різних варіантів конструктивних рішень на етапі проектування з наступним уточненням конструкцій.

Висновки

Параметрична оптимізація силового приводу автомобілів високої, підвищеної прохідності та оцінка паливно-швидкісних характеристик руху в умовах бездоріжжя, грунтових і піщаних доріг повинна базуватися на террамеханіці взаємодії пневматичної шини з опорною поверхнею, що окрім звичного опору кочення коліс враховує додатковий опір рухові обумовлений принаймні трьома суттєвими чинниками. На основі огляду і аналізу існуючих досліджень опрацьовано аналітично-емпіричну модель взаємодії колеса з опорною поверхнею, що деформується.

Література

1.Кошарний Н.Ф. Технико-експлутационние свойства автомобілів високой проходимости, Киев, Вища школа 1981-208ст.

2. Проектирования полноприводних колосних машин в 3томах/ Б.А. Афонасьев, Б. Н. Белоусев и др., Москва ин. МГТУ им М. Є. Баумана, 2008-т.1-496с., т.2-528с.,т.3-432с.

3.Беккер М. Введения в теорию систем «местность машина» переклад з англ.// Москва, Машиностроениє, 1973р

4.Ипатов А.А., Дзодзенидзе Т.А.Созданиє нових средствтранспортной инфаструктури, Проблеми и решения//Москва,2008-272с.

5.Mitschke M. Dynamic of characteristics engine//Berlin-New-York,1982-321p.

6. Automotive engineering power train, chassis system and vehicle body' Devid A., Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK, pages: 828, 2013

7.Крайник Л.В., Грубель М.Г. Багатофакторна оцінка та нормування паливної економічності вантажних автомобілів/Львів,вид АСВ,2010-117с.

8.Агейкин Я.С. Проходимост автомобилей //Москва, Машиностроения, 1981-232с.

9.Говорущенко Н.Я. Вопроси теории єксплуатации автомобилей на дорогах з различной степеню ровности покритий/Харьков, гос. Університет 1964-32с.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2016

© Л.В. Крайник, М.Г. Грубель, Я.М. Мазурик

УДК 656.072

О.Ф. Кузькін
Запорізький національний технічний університет

ВПЛИВ ТОПОЛОГІЇ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Досліджено показники розвитку маршрутних мереж міського електричного транспорту крупних міст України за різного представлення цих мереж методами теорії графів. Запропоновано показники, що виражають результати пасажирських перевезень міського громадського транспорту з урахуванням лінійного розміру його маршрутної мережі. Встановлено наявність значимого кореляційного зв'язку між топологічними показниками розвитку маршрутних мереж та результативними показниками пасажирських перевезень електричного транспорту у розглянутих містах.

***Ключові слова**: пасажирські перевезення, маршрутна мережа, теорія графів, кореляційно-регресійний аналіз.*

А.Ф. Кузькин
Запорожский национальный технический университет

ВЛИЯНИЕ ТОПОЛОГИИ МАРШРУТНОЙ СЕТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Исследованы показатели развития маршрутных сетей городского электрического транспорта в крупных городах Украины при разном представлении этих сетей методами теории графов. Предложены показатели, выражающие результаты пассажирских перевозок городского общественного транспорта с учетом линейных размеров ее маршрутной сети. Установлено наличие значимой корреляционной связи между топологическими показателями развития маршрутных сетей и результативными показателями пассажирских перевозок в рассмотренных городах.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, маршрутная сеть, теория графов, корреляционно-регрессионный анализ.

O. Kuz'kin
Zaporizhzhia National Technical University

IMPACT OF TRANSIT NETWORK TOPOLOGY ON RESULT INDICATORS OF PUBLIC TRANSIT PERFORMANCE

Development indicators of transit networks of city electric transport in the large Ukrainian cities at different representation of these networks are investigated by methods of the graph theory.The indicators which express the results of public transit activity taking into account the linear sizes of route network are offered.Existence of the significant correlation between topological indicators of route network and performance indicators of public transit in the considered cities is established.

***Keywords**: public transit, transit network, graph theory, correlation, regression analyses.*

Вступ і постановка проблеми. Масові пасажирські перевезення у сучасних містах виконуються здебільшого за маршрутною технологією, яка застосовується при відносно сталих пасажиропотоках і передбачає організацію руху транспортних одиниць по незмінних маршрутах у вигляді послідовності рейсів, що повторюються, протягом певного періоду доби або дня тижня. Сукупність усіх маршрутів певного виду пасажирського транспорту, що цілком знаходяться у межах обслуговуваної міської території, представляє собою його *маршрутну мережу*. Сукупність маршрутних мереж різних видів транспорту міста, спільно з узгодженими у часі режимами руху на окремих маршрутах, утворюють міську маршрутну систему [1].

Конфігурація маршрутної мережі та окремих маршрутів, що її складають, впливають на низку показників, що відбивають якість та ефективність процесу перевезень пасажирів в цілому. До показників, що визначають ступінь розвитку маршрутної мережі, зазвичай відносять *щільність маршрутної мережі* δ (відношення довжини маршрутної мережі $L_м$ до площі території міста F_c, що нею обслуговується) та *маршрутний коефіцієнт* $k_м$ (відношення сумарної довжини маршрутів до довжини маршрутної мережі)[2]. Щільність маршрутної мережі визначає тривалість підходу пасажирів до ліній міського громадського транспорту. Маршрутний коефіцієнт опосередковано впливає на рівень пересадочності поїздок. Крім того, щільність маршрутної мережі та маршрутний коефіцієнт безпосередньо впливають на величину середнього мережевого інтервалу руху пасажирського транспорту і, відповідно, на середню тривалість очікування пасажирами посадки на зупинках.

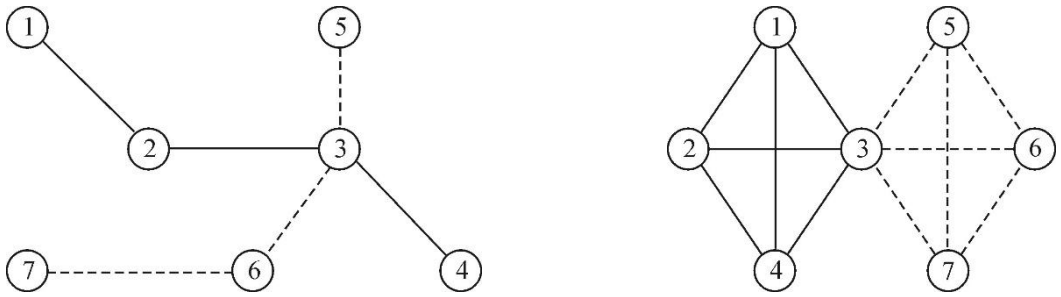
© О.Ф. Кузькін

Окрім витрат часу пасажирами на пересування,конфігурація, а у більш широкому сенсі, топологія маршрутної мережі впливає також на результуючі показники діяльності транспортних підприємств, що виражаються, зокрема, у питомих витратах на перевезення одного пасажира на мережі. Втім, згадані вище показники розвитку маршрутних мереж не дають можливість оцінити характер і ступінь цього впливу аналітично. При цьому у зменшенні питомих витрат на перевезення зацікавлені також пасажири, для яких вони визначають вартість поїздки і, таким чином, є одним з показників якості надання транспортних послуг, доступності і привабливості міського громадського транспорту для потенційних користувачів.

Таким чином**, метою роботи** єемпіричнедослідженняі порівняльний аналіз топології маршрутних мереж міського громадського транспорту з позицій теорії графів, змістовний аналіз топологічних показників мереж та дослідження їх впливу на результативні показники роботи транспорту.

Результати досліджень.

Для проведення топологічного аналізу маршрутних зручним є представлення їх у вигляді простого графа [3], вершинами якогоє зупинки маршрутного пасажирського транспорту, а ребра – перегони між ними. Таке традиційне представлення маршрутних мереж є найпоширенішим і широко застосовується при їх представленні у пам’яті ЕОМ та сучасних геоінформаційних системах. Однак, таке представлення є не єдиним. Дослідниками запропоновано ще низку представлень маршрутних мереж у вигляді графів [4], серед яких, зокрема, так звані, *L*-простір та *P*-простір (рис. 1).



а) б)

Рис. 1. **Представлення міської маршрутної мережі у *L*-просторі (а) та *P*-просторі (б)**

У наведеному на рис. 1 фрагменті маршрутної мережі наявні два маршрути (1–2–3–4 та 5–3–6–7). При цьому у мережі, представленій у *L*-просторі (рис. 1, а), ребра графа представляють собою перегони між зупинками, тож дві зупинки є суміжними і зв’язані ребром тільки у випадку, якщо між ними можна проїхати (без проміжних зупинок) хоча б одним з маршрутів маршрутної мережі. У випадку представлення цього ж фрагменту мережі у *P*-просторі (рис. 1, б), вершини графа будуть зв’язані ребром тільки у випадку, якщо між відповідними зупинками існує можливість безпересадочноїпоїздки на хоча б одному з маршрутів мережі. Таким чином, у цьому просторі маршрути представляються повними підграфами (кліками), зв'язок між якимиздійснюється у вершинах (зупинках), на яких можлива пересадка з одного маршруту на інший.

Виходячи з визначення вищезазначених просторів можна зробити висновок, що топологічні характеристики маршрутної мережі, представленої у *L*-просторі визначають лінійні показники поїздки пасажира, зокрема, довжину поїздки. При цьому, оскільки розглядається незважений граф, довжина шляху буде вимірюватися у кількості перегонів між зупинками, які необхідно подолати пасажиру під час поїздки. Аналогічні характеристики маршрутної мережі, представленої у *P*-просторі визначають пересадочність сполучень. Очевидно, якщо граф маршрутної мережі, представленої у *P*-просторі є повним, то всі поїздки на даній мережі можна виконати без пересадок.

© О.Ф. Кузькін

Для дослідження і аналізу графів маршрутних мереж пропонується низка показників [5], серед яких з точки зору транспортного планування і управління пасажирськими перевезеннями слід відзначити наступні:

1) *середня* $\langle l \rangle$ і *максимальна* $L_{\max}$ *довжина найкоротшого шляху* на мережі визначають її лінійні розміри. Величина $\langle l \rangle$ розраховується як середнє арифметичне найкоротших шляхів між всіма парами вершин мережі, тобто

$$\langle l \rangle = \frac{2}{V(V-1)} \sum_{\substack{j=1 \\ i>j}}^{V} l_{ij}, \tag{1}$$

де V – кількість вершин мережі;

l_{ij} – найкоротший шлях між вершинами i та j, виражений у кількості ребер;

2) *степінь складності мережі* β визначає середню кількість ребер мережі, що припадає на одну її вершину, тобто

$$\beta = \frac{E}{V}, \tag{2}$$

де E – кількість ребер мережі;

3) степінь зв'язності мережі γ виражається як відношення між кількістю ребер графа E і максимально можливою кількістю ребер графа $E_{\max}$

$$\gamma = \frac{E}{E_{\max}} = \frac{2E}{V(V-1)}. \tag{3}$$

Визначимо характер і степінь впливу вищезазначених показників на результативні показники роботи з пасажироперевезень міського електричного транспорту у п'яти великих містах України, які відносяться до групи крупних міст: Донецька, Запоріжжя, Кривого Рогу, Львова та Одеси. Статистичні дані про показники роботи міського тролейбуса (ТР) і трамвая (Т) цих міст за 2013 рік, отримані з сайту корпорації «Укрелектротранс» (www.corpmet.org.ua) наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники роботи міського тролейбуса і трамвая крупних міст України за 2013 рік

Показник	Значення показника для міста і виду транспорту									
	Донецьк		Запоріжжя		Кривий Ріг		Львів		Одеса	
	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т
1. Річний обсяг перевезень пасажирів Q_p, млн. пас.	86,4	63,2	18,3	40,9	22,9	23,7	22,9	35,9	38,1	56,0
2. Середньдобовий випуск рухомого складу на лінію N_{pc}	163,7	113,4	63,4	84	60,8	95,9	55,1	54,1	92	128,2
3. Річні експлуатаційні витрати $З_p$, млн. грн.	94,23	94,15	46,52	56,86	63,02	106,0	34,61	54,26	50,82	76,24

© *О.Ф. Кузькін*

4. Загальний річний пробіг рухомого складу L_{pc}, млн. км	8,61	5,73	3,60	4,45	4,48	6,01	3,37	2,70	4,78	6,92

Топологічні показники розвитку маршрутних мереж міського тролейбуса і трамвая досліджуваних міст станом на кінець 2013 року у просторах зупинок і пересадок (відповідний нижній індекс показника) наведені у таблиці 2.

За даними, наведеними у табл. 2 можна зробити деякі висновки про розвиток маршрутних мереж електротранспорту у крупних містах України. Так, наприклад, найбільші лінійні розміри має маршрутна мережа одеського трамвая ($L_{\max L} = 75$), найбільшою середньою дальністю поїздки пасажира характеризується маршрутна мережа криворізького тролейбуса ($\langle l_L \rangle = 24,59$), а найменший рівень пересадочності (за умови рівноімовірності поїздок з усіх зупинок) спостерігається у мережі криворізького трамваю, де імовірність безпересадочної поїздки дорівнює $\gamma_P = 0,686$.

Таблиця 2

Показники розвитку маршрутних мереж міського тролейбуса і трамвая крупних міст України

Показник	Значення показника для міста і виду транспорту									
	Донецьк		Запоріжжя		Кривий Ріг		Львів		Одеса	
	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т
$V_L = V_P$	183	117	97	85	173	70	106	57	150	202
E_L	204	121	100	88	188	75	134	74	191	215
E_P	2979	1559	1670	1561	2949	1657	1469	708	2832	2803
$\langle l_L \rangle$	19,18	22,16	15,11	15,4	24,59	14,59	14,20	6,22	12,14	23,89
$\langle l_P \rangle$	2,703	2,218	1,670	1,627	2,480	1,314	2,013	1,606	1,951	2,586
$L_{\max L}$	50	64	41	40	72	41	43	17	33	75
β_L	1,115	1,034	1,031	1,035	1,087	1,071	1,264	1,298	1,273	1,064
β_P	16,28	13,32	17,22	18,36	17,05	23,67	13,86	12,42	18,88	13,88
γ_L, $\times 10^3$	12,25	17,83	21,48	24,65	12,64	31,06	24,08	46,37	17,09	10,59
γ_P	0,179	0,230	0,359	0,437	0,198	0,686	0,264	0,444	0,253	0,138

Для дослідження впливу характеру і степені впливу топлогічних показників розвитку маршрутних мереж електротранспорту досліджуваних міст на його показники роботи застосуємо метод кореляційно-регресійного аналізу. Зважаючи на відмінності у лінійних розмірах досліджуваних мереж, в якості результативної ознаки пропонується використовувати три показники:

1) *добова продуктивність одиниці рухомого складу* $П_{доб}$ (пас./добу), що визначається як відношення добового обсягу перевезень пасажирів до середньодобового випуску рухомого складу на лінію N_{pc}, тобто

$$П_{доб} = \frac{Q_p}{365 \cdot N_{pc}}; \quad (4)$$

2) *приведений питомий пробіг* $L_{пр.п.}$ (км/пас.), що визначається як відношення річного пробігу рухомого складу на мережі L_{pc} до річного обсягу перевезень пасажирів Q_p з урахуванням лінійних розмірів мережі, тобто

$$L_{пр.п.} = \frac{L_{pc}}{Q_p \cdot \langle l_L \rangle}; \quad (5)$$

3) *приведені питомі витрати на перевезення одного пасажира* $З_{пр.п.}$ (грн/пас.), що визначаються як відношення річних експлуатаційних витрат $З_p$ до річного обсягу перевезень пасажирів Q_p з урахуванням лінійних розмірів мережі, тобто

$$З_{пр.п.} = \frac{З_p}{Q_p \cdot \langle l_L \rangle}. \quad (6)$$

У табл. 3 наведені коефіцієнти парної кореляції Пірсона R між топологічними показниками розвитку досліджуваних маршрутних мереж та наведеними вище результативними ознаками. Статистично значимі кореляції на рівні значимості $\alpha = 0{,}05$ позначені напівжирним шрифтом.

Таблиця 3

Значення парних коефіцієнтів кореляції Пірсона між факторними і результативними ознаками

Ознаки	$\langle l_P \rangle$	$L_{\max L}$	β_L	β_P	γ_L	γ_P
$П_{доб}$	0,252	–0,194	0,357	**–0,726**	0,272	–0,296
$L_{пр.п.}$	**–0,802**	–0,608	0,261	0,562	0,626	**0,799**
$З_{пр.п.}$	**–0,792**	–0,582	0,196	0,453	**0,779**	**0,875**

Аналіз кореляційної матриці свідчить про те, що зі збільшенням середньої довжини найкоротшого шляху мережі, представленої у P-просторі $\langle l_P \rangle$, приведений питомий пробіг $L_{пр.п.}$ і приведені питомі витрати на перевезення одного пасажира $З_{пр.п.}$ зменшуються.У той же час ці показники збільшуються при збільшенні степені зв'язності мережі, представленої у тому ж просторі. При цьому природно значення $\langle l_P \rangle$ та γ_P є корельованими між собою, оскільки при збільшенні середньої кількості пересадок на випадково обраному шляху між двома зупинками на мережі імовірність здійснення пасажиром в мережі поїздки без пересадки зменшується (коефіцієнт парної кореляції $R = -0{,}91$).

Добова продуктивність рухомого складу $П_{доб}$ зменшується при збільшенні степені складності мережі, представленої у P-просторі β_P.Це є наслідком того, що більш розгалужена маршрутна мережа, на кожній зупинці якої наявна більша кількість варіантів поїздки пасажира без пересадок, є більш складною в обслуговуванні з точки зору організації руху рухомого складу.

© О.Ф. Кузькін

Приведені питомі витрати на перевезення одного пасажира $З_{пр.п.}$ збільшуються при збільшенні степені зв'язності мережі, представленої у *L*-просторі γ_L. Оскільки мінімальні значення степені зв'язності мають деревоподібні мережі, більші значення степені зв'язності мережі γ_L відповідають маршрутним мережам, які є більш розгалуженими з точки зору можливих напрямків і шляхів руху рухомого складу і, відповідно, є більш витратними при їх обслуговуванні.

На рис. 1 наведені оціночні показникирегресійних моделей. що можуть бути використані для оцінки і прогнозування результативних показників роботи електричного транспорту у досліджуваних містах.

Таблиця 4

Результати регресійного аналізу

Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації R^2	Стандартна похибка апроксимації S	Значення критерію Фішера	
			розрахункове	критичне
$П_{доб} = 25{,}17 - 0{,}00717\beta_P$	0,527	2,486	8,91	5,32
$L_{пр.п.} = 2{,}81\times10^{-3} + 0{,}0202\gamma_P$	0,639	2,617	14,14	
$З_{пр.п.} = (0{,}722 + 6{,}01\gamma_L)\times10^{-3}$	0,607	0,055	12,36	
$З_{пр.п.} = -0{,}0091 + 0{,}4418\gamma_P$	0,765	0,042	26,09	

На підставі результатів регресійного аналізу можна зробити висновок, що отримані лінійні парні регресійні залежності є достатньо точними і статистично адекватними, що дозволяє використовувати їх для оцінки результативних показників роботи міського електричного транспорту досліджуваних міст при зміні конфігурації їх маршрутних мереж.

Висновки. В результаті проведених досліджень виконано порівняльний аналіз розвитку маршрутних мереж міського електричного транспорту у крупних містах України за різних способів представлення цих мереж з використанням показників, що ґрунтуються на положеннях теорії графів. Встановлено наявність статистично значимого кореляційного зв'язку між топологічними показниками їх розвитку та запропонованими результативними показниками пасажирських перевезень, що враховують лінійні характеристики досліджуваних мереж.

Література

1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с.

2. Зильберталь, А. Х. Трамвайное хозяйство: руководство для работников трамвая и учащихся [Текст] / А. Х. Зильберталь. – М.-Л. : ОГИЗ-Гострансиздат, 1932. – 304 с.

3. Харрари, Ф. Теорияграфов [Текст] / Ф. Харрари. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 296 с.

4. Von Ferber, C. Public transport networks: empirical analysis and modeling [Text] / C. Von Ferber, T. Holovatch, Y. Holovatch [et al.] // The European Physical Journal B. – 2009. – Vol. 68. – № 2. – P. 261-275.

5. Garrison, W. L. The structure of Transportation networks [Text] / W. L. Garrison, D. F. Marble. – Evanston : Transportation Center Northwestern University, 1962. – 100 p.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2016

© О.Ф. Кузькін

УДК 656.072

О.Ф. Кузькін
Запорізький національний технічний університет

ВПЛИВ ТОПОЛОГІЇ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Досліджено показники розвитку маршрутних мереж міського електричного транспорту крупних міст України за різного представлення цих мереж методами теорії графів. Запропоновано показники, що виражають результати пасажирських перевезень міського громадського транспорту з урахуванням лінійного розміру його маршрутної мережі. Встановлено наявність значимого кореляційного зв'язку між топологічними показниками розвитку маршрутних мереж та результативними показниками пасажирських перевезень електричного транспорту у розглянутих містах.

***Ключові слова**: пасажирські перевезення, маршрутна мережа, теорія графів, кореляційно-регресійний аналіз.*

А.Ф. Кузькин
Запорожский национальный технический университет

ВЛИЯНИЕ ТОПОЛОГИИ МАРШРУТНОЙ СЕТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Исследованы показатели развития маршрутных сетей городского электрического транспорта в крупных городах Украины при разном представлении этих сетей методами теории графов. Предложены показатели, выражающие результаты пассажирских перевозок городского общественного транспорта с учетом линейных размеров ее маршрутной сети. Установлено наличие значимой корреляционной связи между топологическими показателями развития маршрутных сетей и результативными показателями пассажирских перевозок в рассмотренных городах.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, маршрутная сеть, теория графов, корреляционно-регрессионный анализ.

O. Kuz'kin
Zaporizhzhia National Technical University

IMPACT OF TRANSIT NETWORK TOPOLOGY ON RESULT INDICATORS OF PUBLIC TRANSIT PERFORMANCE

Development indicators of transit networks of city electric transport in the large Ukrainian cities at different representation of these networks are investigated by methods of the graph theory.The indicators which express the results of public transit activity taking into account the linear sizes of route network are offered.Existence of the significant correlation between topological indicators of route network and performance indicators of public transit in the considered cities is established.

***Keywords**: public transit, transit network, graph theory, correlation, regression analyses.*

Вступ і постановка проблеми. Масові пасажирські перевезення у сучасних містах виконуються здебільшого за маршрутною технологією, яка застосовується при відносно сталих пасажиропотоках і передбачає організацію руху транспортних одиниць по незмінних маршрутах у вигляді послідовності рейсів, що повторюються, протягом певного періоду доби або дня тижня. Сукупність усіх маршрутів певного виду пасажирського транспорту, що цілком знаходяться у межах обслуговуваної міської території, представляє собою його *маршрутну мережу*. Сукупність маршрутних мереж різних видів транспорту міста, спільно з узгодженими у часі режимами руху на окремих маршрутах, утворюють міську маршрутну систему [1].

Конфігурація маршрутної мережі та окремих маршрутів, що її складають, впливають на низку показників, що відбивають якість та ефективність процесу перевезень пасажирів в цілому. До показників, що визначають ступінь розвитку маршрутної мережі, зазвичай відносять *щільність маршрутної мережі* δ (відношення довжини маршрутної мережі $L_м$ до площі території міста F_c, що нею обслуговується) та *маршрутний коефіцієнт* $k_м$ (відношення сумарної довжини маршрутів до довжини маршрутної мережі)[2]. Щільність маршрутної мережі визначає тривалість підходу пасажирів до ліній міського громадського транспорту. Маршрутний коефіцієнт опосередковано впливає на рівень пересадочності поїздок. Крім того, щільність маршрутної мережі та маршрутний коефіцієнт безпосередньо впливають на величину середнього мережевого інтервалу руху пасажирського транспорту і, відповідно, на середню тривалість очікування пасажирами посадки на зупинках.

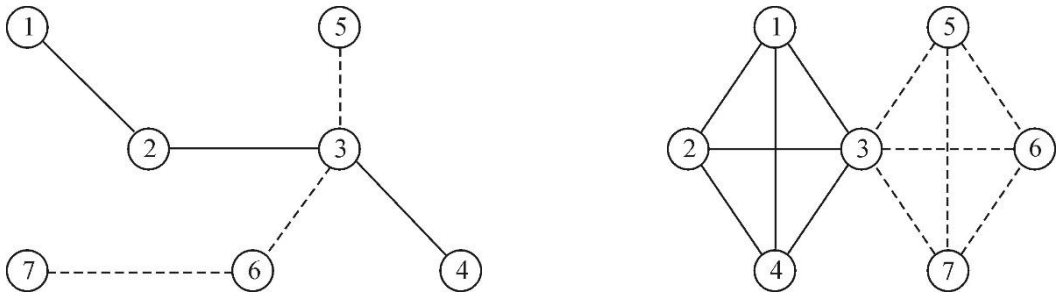
© О.Ф. Кузькін

Окрім витрат часу пасажирами на пересування,конфігурація, а у більш широкому сенсі, топологія маршрутної мережі впливає також на результуючі показники діяльності транспортних підприємств, що виражаються, зокрема, у питомих витратах на перевезення одного пасажира на мережі. Втім, згадані вище показники розвитку маршрутних мереж не дають можливість оцінити характер і ступінь цього впливу аналітично. При цьому у зменшенні питомих витрат на перевезення зацікавлені також пасажири, для яких вони визначають вартість поїздки і, таким чином, є одним з показників якості надання транспортних послуг, доступності і привабливості міського громадського транспорту для потенційних користувачів.

Таким чином**, метою роботи** єемпіричнедослідженняі порівняльний аналіз топології маршрутних мереж міського громадського транспорту з позицій теорії графів, змістовний аналіз топологічних показників мереж та дослідження їх впливу на результативні показники роботи транспорту.

Результати досліджень.

Для проведення топологічного аналізу маршрутних зручним є представлення їх у вигляді простого графа [3], вершинами якогоє зупинки маршрутного пасажирського транспорту, а ребра – перегони між ними. Таке традиційне представлення маршрутних мереж є найпоширенішим і широко застосовується при їх представленні у пам’яті ЕОМ та сучасних геоінформаційних системах. Однак, таке представлення є не єдиним. Дослідниками запропоновано ще низку представлень маршрутних мереж у вигляді графів [4], серед яких, зокрема, так звані, *L*-простір та *P*-простір (рис. 1).



а) б)

Рис. 1. **Представлення міської маршрутної мережі у *L*-просторі (а) та *P*-просторі (б)**

У наведеному на рис. 1 фрагменті маршрутної мережі наявні два маршрути (1–2–3–4 та 5–3–6–7). При цьому у мережі, представленій у *L*-просторі (рис. 1, а), ребра графа представляють собою перегони між зупинками, тож дві зупинки є суміжними і зв’язані ребром тільки у випадку, якщо між ними можна проїхати (без проміжних зупинок) хоча б одним з маршрутів маршрутної мережі. У випадку представлення цього ж фрагменту мережі у *P*-просторі (рис. 1, б), вершини графа будуть зв’язані ребром тільки у випадку, якщо між відповідними зупинками існує можливість безпересадочноїпоїздки на хоча б одному з маршрутів мережі. Таким чином, у цьому просторі маршрути представляються повними підграфами (кліками), зв'язок між якимиздійснюється у вершинах (зупинках), на яких можлива пересадка з одного маршруту на інший.

Виходячи з визначення вищезазначених просторів можна зробити висновок, що топологічні характеристики маршрутної мережі, представленої у *L*-просторі визначають лінійні показники поїздки пасажира, зокрема, довжину поїздки. При цьому, оскільки розглядається незважений граф, довжина шляху буде вимірюватися у кількості перегонів між зупинками, які необхідно подолати пасажиру під час поїздки. Аналогічні характеристики маршрутної мережі, представленої у *P*-просторі визначають пересадочність сполучень. Очевидно, якщо граф маршрутної мережі, представленої у *P*-просторі є повним, то всі поїздки на даній мережі можна виконати без пересадок.

© О.Ф. Кузькін

Для дослідження і аналізу графів маршрутних мереж пропонується низка показників [5], серед яких з точки зору транспортного планування і управління пасажирськими перевезеннями слід відзначити наступні:

1) *середня* $\langle l \rangle$ і *максимальна* $L_{\max}$ *довжина найкоротшого шляху* на мережі визначають її лінійні розміри. Величина $\langle l \rangle$ розраховується як середнє арифметичне найкоротших шляхів між всіма парами вершин мережі, тобто

$$\langle l \rangle = \frac{2}{V(V-1)} \sum_{\substack{j=1 \\ i>j}}^{V} l_{ij}, \tag{1}$$

де V – кількість вершин мережі;

l_{ij} – найкоротший шлях між вершинами i та j, виражений у кількості ребер;

2) *степінь складності мережі* β визначає середню кількість ребер мережі, що припадає на одну її вершину, тобто

$$\beta = \frac{E}{V}, \tag{2}$$

де E – кількість ребер мережі;

3) степінь зв'язності мережі γ виражається як відношення між кількістю ребер графа E і максимально можливою кількістю ребер графа $E_{\max}$

$$\gamma = \frac{E}{E_{\max}} = \frac{2E}{V(V-1)}. \tag{3}$$

Визначимо характер і степінь впливу вищезазначених показників на результативні показники роботи з пасажироперевезень міського електричного транспорту у п'яти великих містах України, які відносяться до групи крупних міст: Донецька, Запоріжжя, Кривого Рогу, Львова та Одеси. Статистичні дані про показники роботи міського тролейбуса (ТР) і трамвая (Т) цих міст за 2013 рік, отримані з сайту корпорації «Укрелектротранс» (www.corpmet.org.ua) наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники роботи міського тролейбуса і трамвая крупних міст України за 2013 рік

Показник	Значення показника для міста і виду транспорту									
	Донецьк		Запоріжжя		Кривий Ріг		Львів		Одеса	
	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т
1. Річний обсяг перевезень пасажирів Q_p, млн. пас.	86,4	63,2	18,3	40,9	22,9	23,7	22,9	35,9	38,1	56,0
2. Середньдобовий випуск рухомого складу на лінію N_{pc}	163,7	113,4	63,4	84	60,8	95,9	55,1	54,1	92	128,2
3. Річні експлуатаційні витрати $З_p$, млн. грн.	94,23	94,15	46,52	56,86	63,02	106,0	34,61	54,26	50,82	76,24

© *О.Ф. Кузькін*

4. Загальний річний пробіг рухомого складу L_{pc}, млн. км	8,61	5,73	3,60	4,45	4,48	6,01	3,37	2,70	4,78	6,92

Топологічні показники розвитку маршрутних мереж міського тролейбуса і трамвая досліджуваних міст станом на кінець 2013 року у просторах зупинок і пересадок (відповідний нижній індекс показника) наведені у таблиці 2.

За даними, наведеними у табл. 2 можна зробити деякі висновки про розвиток маршрутних мереж електротранспорту у крупних містах України. Так, наприклад, найбільші лінійні розміри має маршрутна мережа одеського трамвая ($L_{\max L} = 75$), найбільшою середньою дальністю поїздки пасажира характеризується маршрутна мережа криворізького тролейбуса ($\langle l_L \rangle = 24,59$), а найменший рівень пересадочності (за умови рівноімовірності поїздок з усіх зупинок) спостерігається у мережі криворізького трамваю, де імовірність безпересадочної поїздки дорівнює $\gamma_P = 0,686$.

Таблиця 2

Показники розвитку маршрутних мереж міського тролейбуса і трамвая крупних міст України

Показник	Значення показника для міста і виду транспорту									
	Донецьк		Запоріжжя		Кривий Ріг		Львів		Одеса	
	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т	ТР	Т
$V_L = V_P$	183	117	97	85	173	70	106	57	150	202
E_L	204	121	100	88	188	75	134	74	191	215
E_P	2979	1559	1670	1561	2949	1657	1469	708	2832	2803
$\langle l_L \rangle$	19,18	22,16	15,11	15,4	24,59	14,59	14,20	6,22	12,14	23,89
$\langle l_P \rangle$	2,703	2,218	1,670	1,627	2,480	1,314	2,013	1,606	1,951	2,586
$L_{\max L}$	50	64	41	40	72	41	43	17	33	75
β_L	1,115	1,034	1,031	1,035	1,087	1,071	1,264	1,298	1,273	1,064
β_P	16,28	13,32	17,22	18,36	17,05	23,67	13,86	12,42	18,88	13,88
γ_L, $\times 10^3$	12,25	17,83	21,48	24,65	12,64	31,06	24,08	46,37	17,09	10,59
γ_P	0,179	0,230	0,359	0,437	0,198	0,686	0,264	0,444	0,253	0,138

Для дослідження впливу характеру і степені впливу топлогічних показників розвитку маршрутних мереж електротранспорту досліджуваних міст на його показники роботи застосуємо метод кореляційно-регресійного аналізу. Зважаючи на відмінності у лінійних розмірах досліджуваних мереж, в якості результативної ознаки пропонується використовувати три показники:

1) *добова продуктивність одиниці рухомого складу* $П_{доб}$ (пас./добу), що визначається як відношення добового обсягу перевезень пасажирів до середньодобового випуску рухомого складу на лінію N_{pc}, тобто

$$П_{доб} = \frac{Q_p}{365 \cdot N_{pc}}; \quad (4)$$

2) *приведений питомий пробіг* $L_{пр.п.}$ (км/пас.), що визначається як відношення річного пробігу рухомого складу на мережі L_{pc} до річного обсягу перевезень пасажирів Q_p з урахуванням лінійних розмірів мережі, тобто

$$L_{пр.п.} = \frac{L_{pc}}{Q_p \cdot \langle l_L \rangle}; \quad (5)$$

3) *приведені питомі витрати на перевезення одного пасажира* $З_{пр.п.}$ (грн/пас.), що визначаються як відношення річних експлуатаційних витрат $З_p$ до річного обсягу перевезень пасажирів Q_p з урахуванням лінійних розмірів мережі, тобто

$$З_{пр.п.} = \frac{З_p}{Q_p \cdot \langle l_L \rangle}. \quad (6)$$

У табл. 3 наведені коефіцієнти парної кореляції Пірсона R між топологічними показниками розвитку досліджуваних маршрутних мереж та наведеними вище результативними ознаками. Статистично значимі кореляції на рівні значимості $\alpha = 0{,}05$ позначені напівжирним шрифтом.

Таблиця 3

Значення парних коефіцієнтів кореляції Пірсона між факторними і результативними ознаками

Ознаки	$\langle l_P \rangle$	$L_{\max L}$	β_L	β_P	γ_L	γ_P
$П_{доб}$	0,252	–0,194	0,357	**–0,726**	0,272	–0,296
$L_{пр.п.}$	**–0,802**	–0,608	0,261	0,562	0,626	**0,799**
$З_{пр.п.}$	**–0,792**	–0,582	0,196	0,453	**0,779**	**0,875**

Аналіз кореляційної матриці свідчить про те, що зі збільшенням середньої довжини найкоротшого шляху мережі, представленої у P-просторі $\langle l_P \rangle$, приведений питомий пробіг $L_{пр.п.}$ і приведені питомі витрати на перевезення одного пасажира $З_{пр.п.}$ зменшуються.У той же час ці показники збільшуються при збільшенні степені зв'язності мережі, представленої у тому ж просторі. При цьому природно значення $\langle l_P \rangle$ та γ_P є корельованими між собою, оскільки при збільшенні середньої кількості пересадок на випадково обраному шляху між двома зупинками на мережі імовірність здійснення пасажиром в мережі поїздки без пересадки зменшується (коефіцієнт парної кореляції $R = -0{,}91$).

Добова продуктивність рухомого складу $П_{доб}$ зменшується при збільшенні степені складності мережі, представленої у P-просторі β_P.Це є наслідком того, що більш розгалужена маршрутна мережа, на кожній зупинці якої наявна більша кількість варіантів поїздки пасажира без пересадок, є більш складною в обслуговуванні з точки зору організації руху рухомого складу.

© О.Ф. Кузькін

Приведені питомі витрати на перевезення одного пасажира $З_{пр.п.}$ збільшуються при збільшенні степені зв'язності мережі, представленої у *L*-просторі γ_L. Оскільки мінімальні значення степені зв'язності мають деревоподібні мережі, більші значення степені зв'язності мережі γ_L відповідають маршрутним мережам, які є більш розгалуженими з точки зору можливих напрямків і шляхів руху рухомого складу і, відповідно, є більш витратними при їх обслуговуванні.

На рис. 1 наведені оціночні показникирегресійних моделей. що можуть бути використані для оцінки і прогнозування результативних показників роботи електричного транспорту у досліджуваних містах.

Таблиця 4

Результати регресійного аналізу

Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації R^2	Стандартна похибка апроксимації S	Значення критерію Фішера	
			розрахункове	критичне
$П_{доб} = 25{,}17 - 0{,}00717\beta_P$	0,527	2,486	8,91	5,32
$L_{пр.п.} = 2{,}81\times10^{-3} + 0{,}0202\gamma_P$	0,639	2,617	14,14	
$З_{пр.п.} = (0{,}722 + 6{,}01\gamma_L)\times10^{-3}$	0,607	0,055	12,36	
$З_{пр.п.} = -0{,}0091 + 0{,}4418\gamma_P$	0,765	0,042	26,09	

На підставі результатів регресійного аналізу можна зробити висновок, що отримані лінійні парні регресійні залежності є достатньо точними і статистично адекватними, що дозволяє використовувати їх для оцінки результативних показників роботи міського електричного транспорту досліджуваних міст при зміні конфігурації їх маршрутних мереж.

Висновки. В результаті проведених досліджень виконано порівняльний аналіз розвитку маршрутних мереж міського електричного транспорту у крупних містах України за різних способів представлення цих мереж з використанням показників, що ґрунтуються на положеннях теорії графів. Встановлено наявність статистично значимого кореляційного зв'язку між топологічними показниками їх розвитку та запропонованими результативними показниками пасажирських перевезень, що враховують лінійні характеристики досліджуваних мереж.

Література

1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с.

2. Зильберталь, А. Х. Трамвайное хозяйство: руководство для работников трамвая и учащихся [Текст] / А. Х. Зильберталь. – М.-Л. : ОГИЗ-Гострансиздат, 1932. – 304 с.

3. Харрари, Ф. Теорияграфов [Текст] / Ф. Харрари. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 296 с.

4. Von Ferber, C. Public transport networks: empirical analysis and modeling [Text] / C. Von Ferber, T. Holovatch, Y. Holovatch [et al.] // The European Physical Journal B. – 2009. – Vol. 68. – № 2. – P. 261-275.

5. Garrison, W. L. The structure of Transportation networks [Text] / W. L. Garrison, D. F. Marble. – Evanston : Transportation Center Northwestern University, 1962. – 100 p.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2016

© О.Ф. Кузькін

УДК 629.3.083

Ю.Ю. Кукурудзяк
Вінницький національний технічний університет

МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Показано, що взаємозв'язки між діагностичними параметрами та несправностями окремих систем (агрегатів, вузлів) автомобіля реалізуються на основі визначення вагових коефіцієнтів між окремими об'єктами класів експлуатаційного моніторингу і залежать від достовірності ідентифікації умов експлуатації автомобіля та режимів роботи двигуна.
***Ключові слова**: діагностика, моніторинг, технічний стан, несправність, параметр, клас.*

Ю.Ю. Кукурудзяк
Винницкий национальный технический университет

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Показано, что взаимосвязи между диагностическими параметрами и неисправностями отдельных систем (агрегатов, узлов) автомобиля реализуются на основе определения весовых коэффициентов между отдельными объектами классов эксплуатационного мониторинга и зависят от достоверности идентификации условий эксплуатации автомобиля и режимов работы двигателя.
***Ключевые слова:**диагностика, мониторинг, техническое состояние, неисправность, параметр, класс.*

Yu. Kukurudziak
Vinnytsia National Technical University

MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE VEHICLE AT DIFFERENT OPERATING CONDITIONS

It is shown that the connection between the scan parameters and malfunctions of individual systems (units, components) of the vehicle are implemented on the basis of determining the weights between the individual objects classes of performance monitoring and depend on the reliability of identification of the operating conditions of the vehicle and the operation of the engine.
***Keywords**:diagnostics, monitoring, maintenance, fault, parameter, class.*

Постановка проблеми. Як відомо, існують різні стратегії підтримання роботоздатного технічного стану автомобілів [1, 3]. Діюча планово-попереджувальна система ТО і ремонту автомобілів передбачає обов'язкове періодичне виконання регламентних профілактичних робіт та виконання відновлювальних робіт за потребою. Дана система має певні переваги і ряд відомих недоліків, основними з яких є обов'язкове здійснення технічних втручань через певний пробіг вокрему систему автомобіля, яка на даний час може бути справною, або навпаки, поява несправності або граничний стан виявляються тільки при виконанні періодичних діагностувань. Як перший так і другий випадок призводять до необґрунтованих матеріальних витрат. Більш перспективним є виконання робіт ТО і ремонту автомобілів "за станом". Впровадження такої системи стало можливим завдяки сучасному рівню розвитку конструкції автомобілів та рівню інформаційно-комунікаційних технологій.

Однак, система ТО і ремонту "за станом" потребує постійного потоку інформації про поточний технічний стан автомобіля. Тому постає проблема автоматизованого моніторингу технічного стану, удосконалення методів і способів отримання оперативної технічної та організаційної інформації з урахуванням певних умов експлуатації автомобіля.На сьогоднішній день існує досить велика кількість наукових робіт пов'язаних із удосконаленням системи ТО і ремонту автомобілів [1, 3], але поки що не існує єдиної чіткої науково обґрунтованої методики, яка б задовольняла сучасні вимоги щодо удосконалення системи підтримання роботоздатного стану автомобілів.

Метою роботи є врахування різних умов експлуатації автомобіля та режимів роботи двигуна в процесі моніторингу його технічного стану, що є основою подальшого прийняття рішень щодо виконання профілактичних або відновлювальних робіт.

Результати досліджень.В роботі [4] описані основи функціонування системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаціного моніторингу (AIEM), яка передбачає постійний аналіз всіх суб'єктів, що функціонують в процесі експлуатації автомобіля. Основною метою даної

© Ю.Ю. Кукурудзяк

системи є допомога в прийнятті оперативних рішень щодо необхідності виконання профілактичних або відновлювальних робіт автомобіля на певному періоді експлуатації.

Оперативне прийняття таких рішень може бути реалізоване тільки на основі постійного аналізу інформаційних потоків, що безперервно поступають в інформаційну базу системи AIEM. Інформаційна база містить постійну інформацію (базу знань) та оперативну інформацію (базу даних). Інформаційна база спроектована за ієрархічною структурою і відповідає вимогам та основним принципам об'єктно-орієнтованого аналізу. База структурована і її кінцевим структурним елементом є об'єкт експлуатаційного моніторингу (ОЕМ), який сформований як клас, що знаходиться на певному рівні ієрархічної структури (рис. 1).

Модель ідентифікації технічного стану автомобіля в цілому чи певної окремої його системи (агрегата, вузла) може бути реалізована тільки при правильному формуванні схеми класів системи AIEM. Досить важливим і складним в реалізації є проектування взаємозв'язків між властивостями різних класів, або між певною властивістю одного класу та іншим класом. Властивості класів зв'язані між собою зв'язками різних видів: "Один до одного", "Один до багатьох", "Багато до багатьох".

Основними класами системи є технічні об'єкти експлуатаційного моніторингу трьох рівнів: 1-й рівень ОЕМ – агрегати і системи автомобіля; 2-й рівень ОЕМ – підсистеми, вузли; 3-й рівень ОЕМ – деталі, спряження. Технічні ОЕМ мають зв'язки з класами "Функція" та "Структурний параметр".

Клас "Структурний параметр" має властивість "Значення", яка може приймати три типи значень: "Так / Ні"; точне числове значення; лінгвістичне значення (зменшене початкове, зменшене середнє, зменшене граничне, збільшене початкове, збільшене середнє, збільшене граничне). Точне числове значення може бути приведене до одного з термів лінгвістичних значень.

Наявність певної типової несправності будь-якого технічного ОЕМ це є відхилення властивості "Значення" класу "Структурний параметр" від номінального, що призводить до зміни властивостей класу "Функція".

Модель ідентифікації несправностей в системі AIEM передбачає аналіз правильності функціонування ОЕМ 2-го рівня. Для цього аналізуються властивості класу "Функція" цього рівня. Кожна типова несправність є окремим об'єктом класу "Несправність". У властивостях цього класу є множина об'єктів класу "Діагностичний параметр". Ця множина являє собою діагностичний вектор, значення якого дають можливість з достатньою достовірністю ідентифікувати несправність. Кожен об'єкт класу "Діагностичний параметр" може відноситись до моніторингової або стендової групи. Моніторингова група містить параметри, які можуть визначатись засобами бортової діагностики постійно в процесі експлуатації без зупинки автомобіля. Для визначення параметрів стендової групи необхідна зупинка автомобіля і виконання діагностичних робіт із застосуванням відповідного діагностичного обладнання.

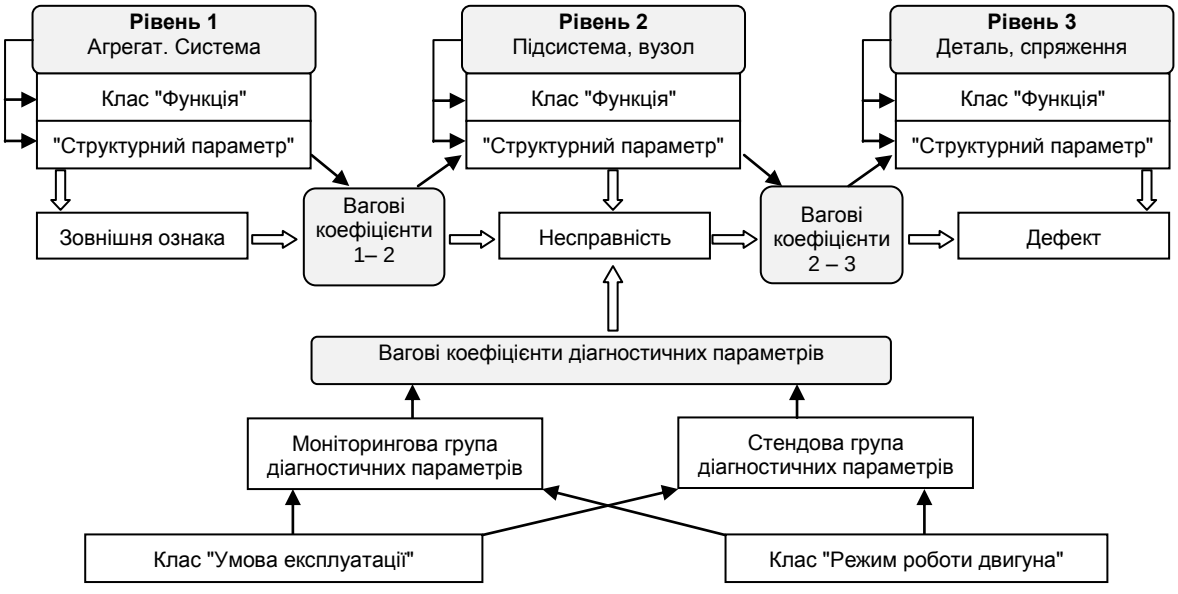


Рис. 1. **Загальна схема ідентифікації технічного стану**

© Ю.Ю. Кукурудзяк

Зміна об’єктів класу "Структурний параметр" ОЕМ 1-го рівня призводить до зміни функціональних властивостей агрегатів та систем автомобіля в цілому. Такі зміни формують об’єкти класу "Зовнішня ознака". В більшості випадків вони можуть бути визначені суб’єктивними методами і є вхідним інформаційним потоком для ідентифікації несправностей 2-го рівня.

Ідентифіковані несправності другого рівня дають можливість визначити зміну властивостей класу "Структурний параметр" ОЕМ 3-го рівня, що в свою чергу формує об’єкти класу "Дефект" і визначає множину об’єктів "Технічна дія".

В основі функціонування системи AIEM лежить визначення вагових коефіцієнтів, які характеризують ступінь впливу і взаємозв’язки між різними об’єктами системи. Визначення вагових коефіцієнтів є найбільш складним в реалізації і може здійснюватись кількома способами. Якщо між об’єктами існує функціональний зв’язок, то вагові коефіцієнти визначаються як параметри цих функцій. Але, в більшості випадків, вагові коефіцієнти визначаються способами інтелектуальної обробки інформації, зокрема реалізацією нейро-нечіткої мережі [2].

Дослідження взаємозв’язків і визначення вагових коефіцієнтів між несправностями 2-го рівня та об’єктами класів "Зовнішня ознака" і "Діагностичний параметр" найбільш доцільне і можливе тільки при певних умовах експлуатації автомобіля, а для автомобільного двигуна – при певних режимах його роботи. Постає задача достовірної ідентифікації режимів роботи двигуна в процесі моніторингу. Режими роботи двигуна поділені на три групи: навантажувальні, швидкісні та температурні.

Модель ідентифікації режиму роботи двигуна передбачає отримання постійного потоку інформації з інформаційних ліній, що дають можливість визначити поточні значення ідентифікаційних параметрів.

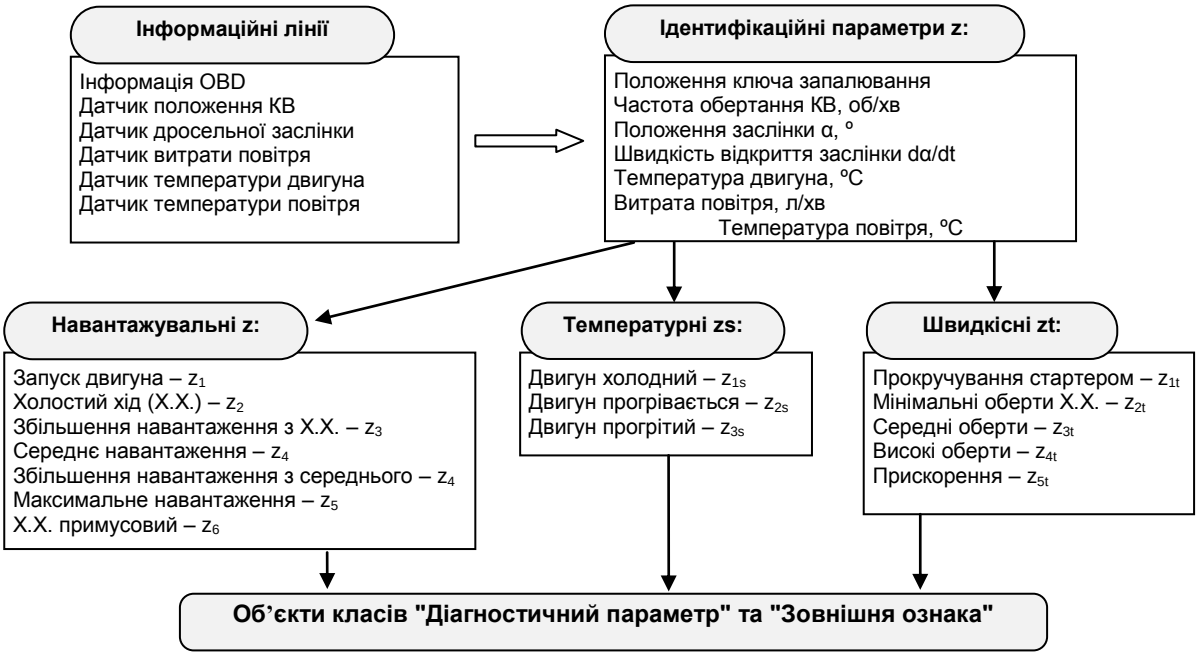


Рис. 2. **Врахування режимів роботи двигуна**

Навантажувальні режими є основними. Ідентифікація певного режиму роботи двигуна може бути здійснена за інформацією системи OBD або за інформацією відповідних датчиків. Швидкісні режими характеризують частоту обертання колінчастого вала у відповідності до навантаження на двигун. Зміна навантажувальних режимів може по різному впливати на частоту обертання колінчастого вала. Навантажувальні режими "Збільшення навантаження з Х.Х." та "Збільшення навантаження з середнього" пов’язані з швидкісним режимом "Прискорення". Температурні режими характеризують зміну температури охолоджувальної рідини. Необхідне також врахування зовнішніх факторів – умов експлуатації автомобіля. Для двигуна доцільним є врахування температури повітря, що надходить до двигуна.

© Ю.Ю. Кукурудзяк

Кількість комбінацій для кожної групи режимів роботи двигуна визначається у процесі формування бази знань. В загальному кількість комбінацій може бути максимальною, але в діагностичних моделях розглядаються тільки ті режими, які доцільні у процесі діагностування.

Кожен діагностичний параметр або ознака характеризуються належністю до певного режиму роботи двигуна та зовнішніх умов. Кожен об'єкт класу "Несправність" характеризується масивом об'єктів класу "Режим роботи", якому відповідають певні значення властивостей об'єктів класу "Інформаційний вектор".

Клас "Режим роботи" характеризується властивостями, які дають можливість автоматично ідентифікувати необхідний режим у процесах "Моніторинг" або "Стендове діагностування". Кількість і номенклатура режимів роботи чітко визначені для кожного ОЕМ і забезпечують максимально можливий потік первинної інформації (об'єктів класу "Параметр") для формування об'єктів класу "Діагностична модель".

Ідентифікація режимів роботи двигуна у процесі "Моніторинг" здійснюється автоматизовано. У процесі "Стендове діагностування" необхідні режими роботи двигуна можуть моделюватись.

Висновки. Показано, що взаємозв'язки між діагностичними параметрами та несправностями окремих систем (агрегатів, вузлів) автомобіля реалізуються на основі визначення вагових коефіцієнтів між окремими об'єктами класів експлуатаційного моніторингу і залежать від достовірності ідентифікації умов експлуатації автомобіля та режимів роботи двигуна.

Література

1. Волков В.П. Интеграциятехническойэксплуатацииавтомобилей в структуры и процесыинтелектуальныхтранспортных систем: монография / Подредакцией 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" (донецкоеотделение), 2013. – 398 с.

2. Дубровин В.И. Интеллектуальныесредствадиагностики и прогнозированиянадежностиавиадвигателей: Монография.-Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2003.-279 с.

3. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів.: Автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2007. – 38 с.

4. Кукурудзяк Ю.Ю. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників автомобілів / Вісник Східноукраїнського національного університету / Науковий журнал. – Луганськ: СНУ ім. Володимира Даля. – 2012. – №9(180), частина 1. – С. 136–140.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2016

© Ю.Ю. Кукурудзяк

УДК 629.06

О.Ю Лук'янченко[1], Ю.О. Лук'янченко[2], А.І. Крикун[1]
[1]Черкаський державний технологічний університет
[2]Національний транспортний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇПІДГОТОВКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

У статті розглядаютьсякритерії та підходи до формування рішень щодо забезпечення теплової підготовки двигуна автомобіля до використання за призначенням шляхом утилізації (акумулювання) теплової енергії. Наводиться опис експериментальної установки теплового акумулятора та його принцип дії. Показані результати досліджень з різною кількістю речовини и різними теплоакумулюючими матеріалами.

***Ключові слова**: двигун внутрішнього згоряння, передпускова теплова підготовка, автомобільний транспорт, тепловий акумулятор фазового переходу, теплоакумулюючий матеріал, експлуатація.*

А.Ю. Лукьянченко[1], Ю.А. Лукьянченко[2],А.І. Крикун[1]
[1]Черкасский государственный технологический університет
[2]Национальный транспортный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙПОДГОТОВКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В статье рассматриваются критерии и подходы к формированию решений по обеспечению тепловой подготовки двигателя автомобиля к использованию по назначению путем утилизации (аккумулирования) тепловой энергии. Приводится описание экспериментальной установки теплового аккумулятора и его принцип действия. Показаны результаты исследований с разным количеством вещества и различными теплоаккумулирующими материалами.

***Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, предпусковая тепловая подготовка, автомобильный транспорт, тепловой аккумулятор фазового перехода, износ двигателя, теплоаккумулирующий материал, эксплуатация.*

A. Lukyanchenko[1], Y. Lukyanchenko[2], A. Krykun[1]
[1]Cherkassy state technological University
[2]National Transport University

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESSOF THERMAL PREPARATION OF AUTOMOTIVE ENGINE BY THERMAL ENERGY ACCUMULATION

The article discusses criteria and approaches to creating solutions for the thermal preparation of the engine of the vehicle to be used for other purposes by processing (accumulation) of heat energy. It provided description of the experimental setup of the heat accumulator and the principle of its action. The results of studies with different quantities and different materials for storing heat showed.

***Keywords**:internal combustion engine, pre-start thermal preparation, car transport, heat accumulator phase transition, engine wear, heat-accumulating material, exploitation.*

Постановка проблеми. Одним з питань експлуатації автомобіля – це запуск та роботахолодного двигунавнутрішньогозгоряння (ДВЗ) температурі навколишнього середовища. Це призводить до багатьох несприятливих наслідків пов'язаних з роботою ДВЗ та виконанню поставлених завдань для самого автотранспорту.

Аналіз літературних джерел показав, що до основних причин, що утрудняє пуск холодногодвигуна, відносяться наступні [3]:

−збільшення моменту опору прокручування колінчастого вала двигуна, який необхідно подолати пусковим пристроєм і підтримки пускового швидкісного режиму (пускових оборотів), що викликано підвищенням в'язкості масла при низьких температурах;

−зниження потужності, що розвивається і числа обертів стартера, що пов'язано зі зменшенням ємності акумуляторних батарей;

−збільшення витоку повітря або суміші через нещільності в поршневих кільцях і клапанах при повільному обертанні вала двигуна;

−висока тепловіддача через стінки циліндрів під час стиснення через наявність холодних стінок і великого часу зіткнення їх з повітряним зарядом або повітряно-паливної сумішшю, що призводить до зниження індикаторного тиску, що розвивається двигуном, і ускладнює подолання

© О.Ю Лук'янченко, Ю.О. Лук'янченко, А.І. Крикун

виникаючих при пуску опорів прокручування колінчастого вала двигуна і збільшення числа оборотів;

– низької температури повітря, що надходить у двигун, що призводить до зниження температури кінця стиснення;

– звуження меж займистості робочої суміші;

– збільшення в'язкості палива і погіршення його випаровування при низькій температурі.

Для того щоб уникнути такого результату треба прогріти двигун, але звичайне прогріваннявитрачає час який може мати фатальне значення для спеціального автотранспорту. Тому двигун повинен мати майже робочу температуру перед пуском. Є багато способів вирішення цього питання одним з яких являється передпусковий підігрів ДВЗ за рахунок теплового акумулятора. Це сприяє підвищенню ефективності та полегшенню використання ДВЗ та самого автотранспорту у потрібний час.

У зв’язку з цим **метою роботи** є створити експериментальний зразок теплового акумуляторазадопомогою якого можна визначити на скількиградусівзростатиме температура охолоджуючоїрідини залежно від кількості рідини, її початкової температури, та сталої кількості ТАМа.

Результати досліджень. При сучасному розвитку науки теплові акумулятори мають велику різноманітність конструкційта способів акумулювання теплоти. В даний час відомі три способи, акумулювання теплоти[4]:

1. Акумулювання явної теплоти;
2. Акумулювання прихованої теплоти фазових переходів;
3. Хімічне акумулювання теплоти.

Акумулювання явної теплоти здійснюється за рахунок використання теплоємності твердого або рідкого і теплоакумулюючого матеріалу (ТАМа) і при його нагріванні. Відсутність процесів спалювання палив, порівняльна простота конструкції, можливість модульного виконання роблять їх привабливимидля застосування в якості автономних джерел електричної енергії. Особливостями даного способу акумулювання теплоти є неізотермічних робочого процесу, обумовлена зміною в часі температури теплоносія на виході з теплового акумулятора, і висока, (більше 1500 К) початкова температура ТАМа з метою забезпечення прийнятних масогабаритних показників теплового акумулятора.

Другий спосіб акумулювання теплоти здійснюється за рахунок використання прихованихтеплових оборотних фазових перетворень, наприклад, плавлення-кристалізація або випаровування-конденсація. В даний час найбільший практичний інтерес представляють теплові акумулятори фазового переходу плавлення-кристалізація. Фазовий перехід випаровування-конденсація не знайшов практичної реалізації через низьку об'ємної енергоємності газоподібної фази.

Третій спосіб - хімічне акумулювання теплоти - здійснюється зарахунок використання енергії оборотних хімічних реакцій. В цьому випадку теплота трансформується в хімічну енергію. Перевагами хімічного акумулювання теплоти є довгостроковість її зберігання без втрат, здатність відтворення збереженої теплоти, при температурах вище початкової і можливість транспортування продуктів реакції з подальшим вивільненням теплоти в необхідному місці. Теплові акумулятори реалізують даний спосіб акумулювання в основному застосовні в складі енергоустановок невеликої потужності і вимагають ще більш складних конструктивних рішень.

Аналізуючи їх, можна зробити наступні висновки. По-перше, акумулювання прихованої теплоти плавлення дозволяє запасти енергіюприблизно на порядок вище, ніж при акумулюванні явної теплоти. По-друге, значення прихованих теплоти плавлення в 2-4 рази менше прихованих значень теплоти випаровування і в 12-28 разів менше прихованих теплоти розкладання.

Принцип його дії заснований на відомому фізичному явищі – наявності так називаної «прихованої» теплоти фазових переходів. Суть ефекту, відомого з фізики середньої школи, така: при нагріванні будь якої речовини, що перебуває у твердому стані, температура її у якийсь момент перестає зростати, незважаючи на триваюче підведення тепла. Теплова енергія в цей час іде на руйнування кристалічних ґраток, у результаті чого тверда речовина перетворюється у рідину. Температура, зафіксована при такому переході, є температурою плавлення. Звичайно, і при охолодженні рідини настає такий момент, коли рідина починає віддавати тепло без зниження температури. При цьому відбувається процес переходу речовини з рідкого в твердий стан.

© О.Ю Лук’янченко, Ю.О. Лук’янченко, А.І. Крикун

Температура фазового переходу, так само як і кількість тепла, що поглинається або виділяється при цьому, залежить від речовини і змінюється в широких межах. Тому при використанні цієї теплоти для акумулювання енергії, потрібно почати з вибору матеріалу, що найбільше відповідає поставленим вимогам. Ця речовина повинна мати максимальну питому теплоту плавлення. Крім цього, існують також і додаткові вимоги, пов'язані з автомобільною специфікою: багаторазова відтворюваність фазового переходу, що визначає термін служби робочого тіла, екологічна нешкідливість, пожежна безпека, невисока вартість.

Для вирішення цих задач було спроектовано та побудовано експериментальний зразок теплового акумулятора, за рахунок якого було проведено ряд експериментів пов'язаних не тільки з вибором матеріалу який краще підходить, але і дослідження самого процесу теплопередачі (Рис. 1) яка має наступний схематичний вигляд.

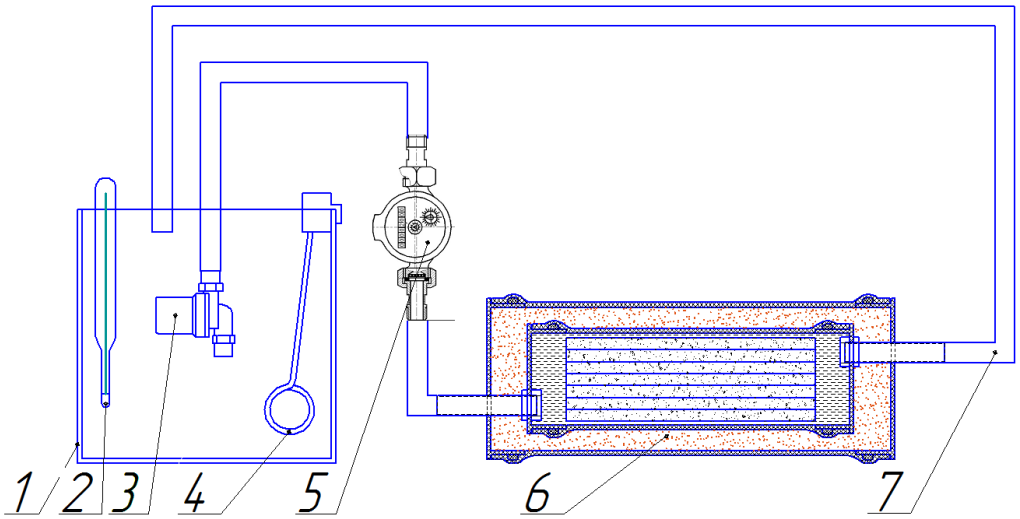


Рис. 1 – **Схема експериментальної установки**

1 – Скляний бак для рідини; 2 – термометр; 3 –електронасос; 4 – електронагрівач води; 5 – витратомір; 6 –тепловийакумулятор фазового перетворення; 7 –напірний та зливнийтрубопроводи.

Теплоізоляційний бак 1 виготовляється із органічного скла загальною ємністю 10 л. Вбаку 1 виготовленні спеціальні технологічні отвори, вони необхідні для встановлення: електронагрівача води 2, термометра 8, напірного 6 та відповіднозливного трубопроводу 7. По напірномутрубопроводі 6 охолоджуючарідинапрямує до електронасоса 4, який в свою чергуспрямовуєрідину до теплоаккумулюючогоакумулятора тепла. Зняттяпоказниківвідбувається за допомогоювитратоміра 5, термометра 8, та термопар якізнаходяться на вході до теплоаккумулюючого акукумулятора тепла 10, та на виході з нього 11.

Процес досліджень здійснюжеться наступним чином: зарахунок підігріву охолоджуючої рідини за допомогоюелектро-нагрівача води до необхідноїтемператури, яка складає приблизно 90^0C.

Циркуляціярідини через теплоакумулюючий бак відбувається за рахунок примусової подачі за допомогою рідинного насоса.

В ході проведення експерименту всі характеристики знімаються за допомогою покажчиків, отримані результати враховуються в подальшому при створенні математичної моделі характеристики роботиданогопристосування.

В таблиці 1 наведені характеристики деяких матеріалів, розглянутих в ході досліджень з тепловим акумулятором.

© О.Ю Лук'янченко, Ю.О. Лук'янченко, А.І. Крикун

Таблиця 1

Порівняльна характеристика речовин для використання в якості робочого тіла

Речовина	Температура плавлення, °С	Густина г/см^3	Питома теплота плавлення	
			кДж/кг	кДж/л
H_2O	0	1,00	335,3	333,0
$NaOH \times H_2O$	65,0	1,72	255,0	446,0
$Ba(OH)_2 \times 8H_20$	78,0	2,06	280,0	576,0
Пальмітинова кислота	65,0	0,88	184,5	162,9
Стеаринова кислота	70,1	0,95	200,3	191,0
Парафін	55,0	0,80	187,7	150,3
Нафталін	80,0	1,15	150,3	172,1

Як видно з таблиці, найкращими характеристиками володіє гідроокис барію, який до того ж відповідає і наведеним специфічним вимогам. Тому в подальших дослідах використовувався саме він.

Були проведені дослідження в процесі яких змінювалимь кількість охолоджуючої рідини її початкова температура, не змінюючи при цьому кількість ТАМа. А саме 3, 4 та 5 літрів охолоджуючої рідини. В процесі розрядки фіксувався час при якому відбувалось повне розряджання ТАФП, та температура рідини після повного розрядження ТАФП. Для підвищення точності отриманих даних та зменшення ймовірності хибного результату кожен з дослідів проводився тричі. В результаті було отримано наступні дані приведені в таблиці2.

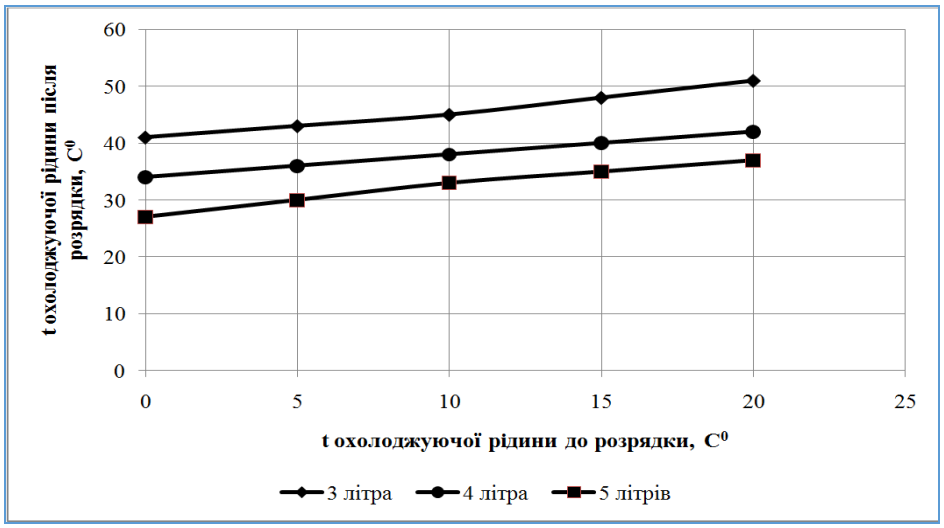
Таблиця 2

Дані отриманні в процесідослідження

№ досліду	№ додаткового досліду	Маса ТАМа, грам	t охолоджуючої рідини до розрядки, С^0	t охолоджуючої рідини після розрядки, С^0	Об'єм охолоджуючої рідини, л	Час нагріву охолоджуючої рідини,хв
1)	1.	600	15	48	3	2.35
	2.		10	45		2.26
	3.		5	43		2.18
2)	1.	600	15	40	4	2.58
	2.		10	38		2.46
	3.		5	36		2.40
3)	1.	600	15	35	5	3.25
	2.		10	33		3.15
	3.		5	30		3.10

Оперуючи цими даними та провівши екстраполяцію був побудований графік залежностей цих параметрів.

Для трьох, чотирьох та п'яти літрівохолоджуючоїрідинаграфікмаєнаступнийвигляд (Рис. 2).



© О.Ю Лук'янченко, Ю.О. Лук'янченко, А.І. Крикун

Рис.2 – **Температура охолоджуючоїрідини на виході при трьох, чотирьох та п'яти літрах охолоджуючої рідини**

Висновки. В результі атіаналізу існуючої документації було спроектовано та виготовлено експериментальний зразок теплового аккамулятора фазового перетворення, для забезпечення процесу експериментальнихдосліджень. В результаті яких було визначено, що в якості тепло аккамулюючого матеріалу як найкраще підходить октагідрат гідроксиду барія оскільки температура фазового перетворення (плавлення) складає t=78 C^0, вона лежить в температурних межах робочої температури охолоджуючої рідини при роботі ДВЗ. Це в свою чергу забезпечує функціонування ТАФП, а саме процес накопичення теплової енергії, а також на скільки градусів зростатиме температура охолоджуючої рідини залежно від кількості рідини, її початкової температури, та сталої кількості ТАМа, а також фіксування часу процесі розрядки при якому відбудеться повне розряджання ТАФП, та температури рідини після його повного розрядження. Для підвищенняточностіотриманихданих та зменшення ймовірності хибного результату кожен з дослідівпроводивсятричі. В результаті було отримано графічні залежності зростання температури від початкового значення до кінцевого.

Література:

1. І.В. Грицук, Д.С.Адров, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська/ Особливостіпередпусковогопрогрівустаціонарного газового двигуназ використанням теплового акумулятора з фазовим переходом/ Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. №.2. С.85–90.
2. І.В. Грицук, Д.С.Адров, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська/ Дослідження системи передпускового розігріву газового двигуна на основі використання теплового акумулятора з теплоакумулюючим матеріалом, що має фазовий перехід / Двигатели внутреннего сгорания. – 2013. №.1. С. 110–116.
3. І.В. Грицук / Комплекснийкомбінованийпрогрів: системнийпідхід доформування схем забезпечення оптимального температурного стану тз в умовахексплуатації/ ISSN 2079-0066. Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. №.10. С. 95-101.
4. Цыплакова Е.Г./ Снижение экологической опасности автотранспорта при безгаражном хранении в зимнее время года в зоне жилой застройки / Транспортное дело России. – 2013. №.6. С. 53-57.
5. Шульгин В.В./ Теория и практика применения в автотранспортных средствах теплового аккумулятора фазового перехода/ Эксплуатация автомобильного транспорт. - 2004. С. 501.
6. Шульгин В.В., Ложкин В.Н., Барков О.А./Способы предпусковой подготовки двигателей городских автобусов /Автомобильная промышленность. - 2002. №.1.С.23-25.
7. Аккумулирование тепла /В.Д.Ладенбург, М.Р.Ткач, В.А.Гольстрем.—Киев: Тэхника. - 1991. С. 112.
8. Булычев В.В:, Челноков В.С. Накопители тепла с фазовым переходом /Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 1996. №.7. С.64-67.
9. Адлер Ю.П./Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М".: Наука. - 1976. С. 280.
10. Богословский В.Н., Лихтенштейн Э.Л, Насыпов Р.Р./Расчет аккумуляторов- тепла с фазовым: переходом в элементах канонической формы / Известия высших учебных заведений! Строительство и архитект. - 1985. №.12.-С. 78-831.
11. Гулин С.Д., Шульгин В.В., Яковлев С.А./Математическая модель процесса сохранения накопленной-теплоты двигателя внутреннего сгорания в тепловом аккумуляторе / Известия высших учебных заведений. Строительство. - 1999. №.1. С.123-126.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

© О.Ю Лук'янченко, Ю.О. Лук'янченко, А.І. Крикун

УДК 629.3.018.2

О.М. Марціяш[1], І.С. Мурований[2], Р.Р. Заверуха[1]
[1]Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
[2]Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФОРСУНОК БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА НА ЛАБОРАТОРНОМУ СТЕНДІ

Розроблено стенд для визначення характеристик подачі палива та електричних параметрів електромагнітних форсунок розподіленої системи впорскування бензинового двигуна легкового автомобіля з метою покращення навчального процесу під час проведення лабораторних досліджень. Отримано характеристики подачі палива електромагнітними форсунками досліджуваного двигуна для деяких режимів його роботи.

***Ключові слова**: Лабораторний стенд, система живлення, електромагнітна форсунка, подача пального, продуктивність.*

О.М. Марцияш, И.С. Мурованый, Р.Р. Заверуха
[1]Технический колледж Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя
[2]Луцкий национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НАЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Разработан стенд для определения характеристик подачи топлива и электрических параметров электромагнитных форсунок распределенной системы впрыска бензинового двигателя легкового автомобиля с целью улучшения учебного процесса при проведении лабораторных исследований. Получены характеристики подачи топлива электромагнитными форсунками исследуемого двигателя для некоторых режимов его работы.

***Ключевые слова:** Лабораторный стенд, система питания, электромагнитная форсунка, подача топлива, производительность.*

O.M. Martsiiash, I.S. Murovanyi, R.R. Zaverukha
[1]College of Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University
[2]Lutsk National Technical University

DETERMINING THE OPERATING PERFORMANCES OF ELECTROMAGNETIC INJECTORS PETROL ENGINE ON THE LABORATORY STAND

It has been designed a laboratory stand to determine operating performances of the fuel supply of the electromagnetic injectors of the distributed system injection in the petrol engine of the car. The stand allows you to measure the electrical parameters of the individual elements of the stand, including injectors. The stand is designed to improve teaching and learning activities during laboratory research. To simplify the design of the stand, the elements of electronic systems are used in its design to control the operation of the internal combustion engine of the vehicle, which is mass-produced. The stand provides the possibility of diagnosing the operation of distributed electronic injection system by means of external diagnostic modules.

It has been identified and analysed the performance of fuel supply by individual injectors of the engine on its several operating modes. Modes of operation corresponding to different rate speed, are simulated by using in-circuit electronic control unit which controls the modulator pulses. The obtained electromagnetic injectors performance that is considered in the study indicate the need for their flaw or restore bandwidth. A certain amount of fuel, which is fed by separate injectors of the engine at its selected operating modes, differs by 50%.

The stand hasn't got a significant cost in comparison with professional equipment, offered by the industry. The design of the laboratory stand is rather an illustrative one in conducting research and can be used to assess the overall quality of selected supply system.

***Keywords**: Laboratory stand, supply system, electromagnetic injectors, fuel supply, performance.*

Постановка проблеми. Розподілене впорскування палива бензинових двигунів сприяє покращенню сумішоутворення у їх циліндрах. Однак частковий вихід з ладу електронної системи впорскування, пов'язаний зі зміною характеристик роботи електромагнітних форсунок, призводить до погіршення показників роботи двигуна та експлуатаційних властивостей автомобіля[1, 2]. Визначити несправність та встановити її причину можливо здійснюючи діагностування роботи системи. Для отримання більшої кількості параметрів перевірку і контрольно-технічні заходи краще проводити над обладнанням системи впорскування, що зняті з автомобіля. Для цього необхідно використовувати спеціалізовані стенди, тестери та інше устаткування [3, 4], які, як правило, мають набір різних функцій, що визначають його вартість. Значна вартість такого

© О.М. Марціяш, І.С. Мурований, Р.Р. Заверуха

обладнання стримуєйого використання під час практичних досліджень у навчальному процесі. Для дослідження студентами деяких характеристик роботи систем автомобіля і двигунадоцільним є створення недорогого спеціального обладнання [5] у тому числі для діагностування актуальних, на сьогодні,електронних систем керування роботою двигуна.

Аналіз досліджень і публікацій. Перевірка параметрів роботи елементів електронних систем впорскування палива здійснюється за подібними методиками [6, 7, 8] результати випробувань порівнюються з нормативами та характеристиками наведеними у технічній документації відповідної системи[8, 9]. За допомогою спеціальних пристосувань знімаються у тому числі характеристики роботи електромагнітних форсунок, проводиться перевірка їх продуктивності (вимірювання витрати палива протягом визначеного часу), контроль якості розпилювання (факела струменя розпилювання палива) і балансу подачі палива форсунками, герметичності (перевірка наявності витоків під тиском), стабільності цих показників для різних режимів роботи [3, 4, 6, 7]. Від складності конструкції стендів, функціональності, універсальності програмного забезпечення, кількості і точності контрольованих параметрів залежить їх вартість [4].

Виходячи з вище наведених міркувань **метою роботи** є розроблення стенду для дослідження окремих параметрів та характеристик електромагнітних форсунок розподіленої системи впорскування палива бензинового двигуна, для можливості використання розробки в умовах навчального процесу.

Аналізуючи існуючі зразки стендів і установок за конструкцією і функціональним призначенням та можливості їх реалізації, потрібно виготовити лабораторний стенд для визначення якості та кількості подачі палива електромагнітними форсунками ДВЗ та зняття окремих електричних параметрів деяких елементів системи (зокрема форсунки). Отримати характеристики процесу впорскування палива окремими форсунками двигуна на різних за частотою режимах його роботи.

Результати досліджень. Для дослідження продуктивності роботи системи розподіленого впорскування бензинового ДВЗ, розроблено лабораторний стенд, використовуючи електрообладнання систем керування двигуном легкового автомобіля Opel Vectra B[8, 9] (рис. 1).

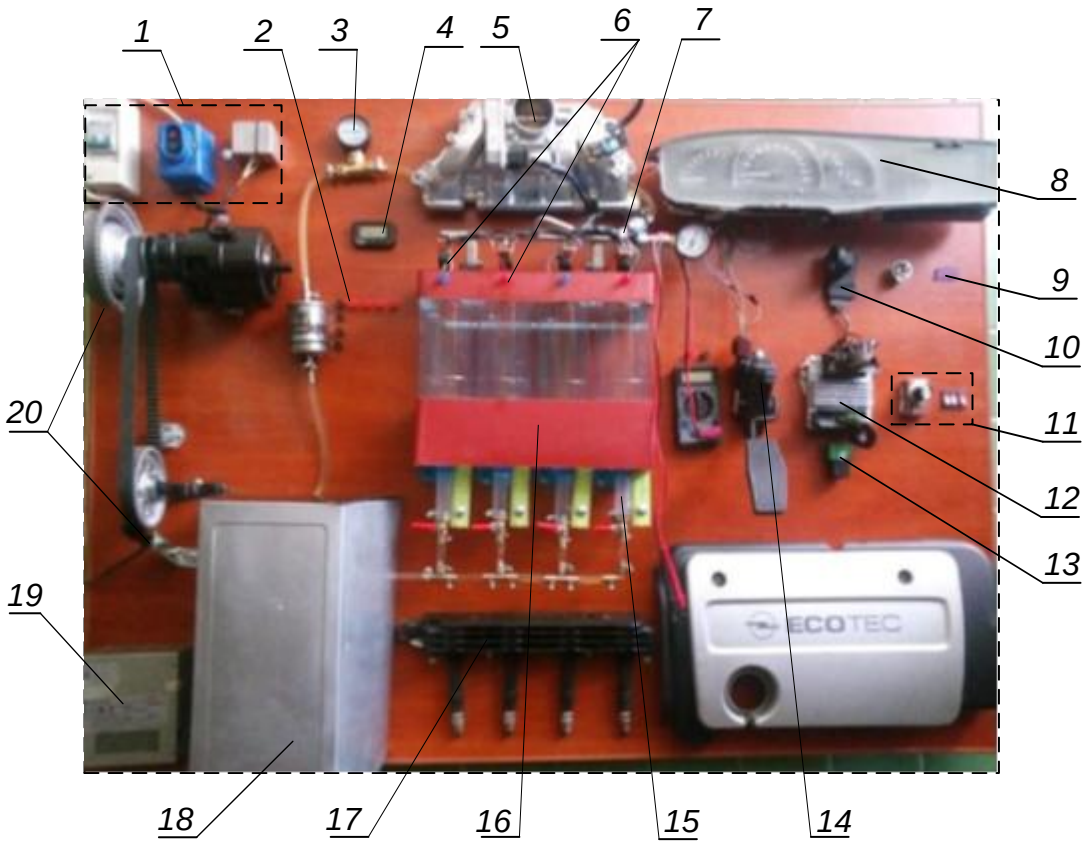


Рис. 1. **Лабораторний стенд для визначення характеристик роботи електромагнітних форсунок розподіленої системи впорскування бензинового двигуна легкового автомобіля:**

© О.М. Марціяш, І.С. Мурований, Р.Р. Заверуха

1 – пульт увімкнення стенда; *2* – роз'єми для вимірювання параметрів контрольних точок електричної схеми стенда; *3* – манометр магістралі живлення паливом; *4* – таймер; *5* – впускний колектор з дросельною заслінкою; *6* – електромагнітна форсунка і світловий сигналізатор роботи форсунки; *7* – паливна рампа; *8* – панель приладів з тахометром; *9* – діагностичний роз'єм; *10* – імобілайзер; *11* – регулятор імпульсів; *12* – блок керування; *13* –реле насоса і форсунок; *14* – електровузол педалі акселератора; *15* – мірна колба; *16* – колби для визначення якості розпилення палива; *17* – модуль запалювання; *18* – паливний бак з електричним бензонасосом; *19* – блок живлення автомобільного електрообладнання; *20* – датчики синхронізації роботи електронних систем з положенням колінчастого валу ДВЗ.

Для отримання сигналів з датчиків синхронізації роботи електронних систем відповідно до положення колінчатого та розподільчого валів на стенді передбачено електропривод з частотою обертання ведучого шківа 1500 *об/хв*. Додатково стенд обладнаний електронним модулятором кількості керуючих імпульсів *11*, що подаються на блок керування *12* для імітації режимів роботи двигуна внутрішнього згорання на різних частотах обертання його колінчастого валу. Величина з імітованої частоти обертання контролюється за показами електронного тахометра розміщеного на панелі приладів *8*. Тиск, що створюється електронасосом в системі паливоподачі визначається за показами манометра *3*, тиск у паливній рампі *7* контролюється додатковим манометром. За потреби, керування дросельною заслінкою здійснюється педаллю акселератора (див. поз. *5, 14*). Візуальний контроль сигналу керування електромагнітними форсунками проводиться за увімкненням відповідних світлодіодів (див. поз. *6*). Якість розпилення палива окремими форсунками можна спостерігати через прозорі стінки колб (див. поз. *16*) у нижній частині яких закріплені мірні колби *15*для визначення кількості пального, що подається кожною з форсунок за визначений інтервал часу. Після вимірювання паливо через запірні крани зливається у паливний бак *18*. Вимірювання електричних параметрів у контрольних точках електричної схеми стенда здійснюється портативним мультиметром через роз'єми *2*. Для можливості зовнішнього діагностування роботи електронної системи передбачено діагностичний роз'єм *9*.

Під час досліджень випробування подачі палива здійснювалося для трьох режимів, що відповідають 1000, 2000, 3000 *об/хв*, тиск палива у розподільчій рампі становить 1,5 *атм*. На кожному режимі роботи системи проведено триразове вимірювання кількості пального з різними інтервалами часу (зі збільшенням частоти тривалість вимірювання зменшується через обмеження об'єму мірних колб) для кожної з форсунок.

Визначені, за результатами замірів, залежності середніх значень показників подачі палива від частоти обертання колінчастого валу двигуна проілюстровані на рисунку *2*, де кожна з чотирьох форсунок має свій порядковий номер.

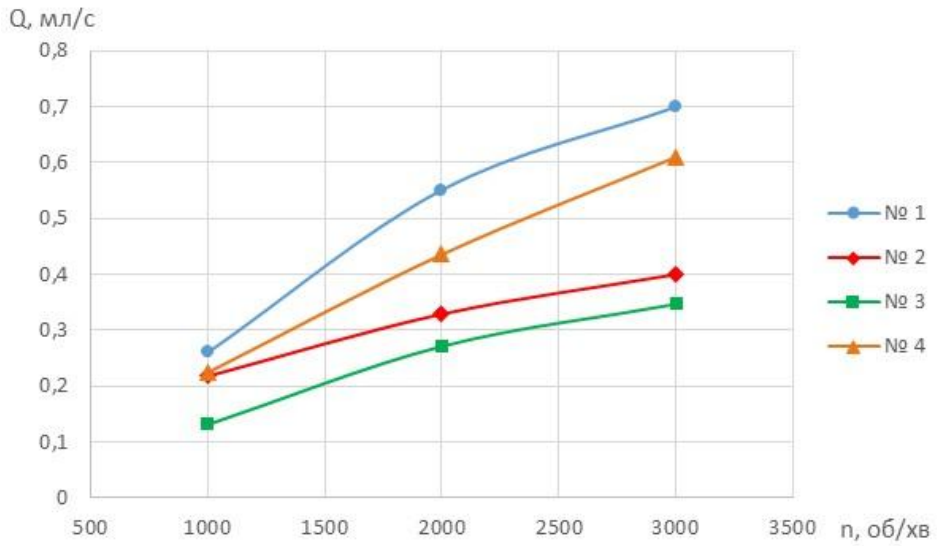


Рис. 2. **Залежність подачі палива електромагнітними форсунками системи розподіленого впорскування бензину Multec-S від частоти обертання колінчастого вала ДВЗ**

© О.М. Марціяш, І.С. Мурований, Р.Р. Заверуха

Параметри електричного опору обмоток форсунок відрізняються менше ніж на 2%.

Проведеними дослідженнями продуктивності роботи електромагнітних форсунок розподіленої системи впорскування даного бензинового двигуна легкового автомобіля встановлено, що кількість палива, яка подається кожною форсункою зростає з підвищенням частоти обертання колінчастого валу двигуна (див. рис. *2*). Для кожної з форсунок під час збільшення числа змодельованих імпульсів, що відповідає підвищенню частоти обертання з 1000 до 3000 *об/хв*, подача палива збільшується до 63% – для форсунок під № *1, 3, 4*,та лише до 46% – для форсунки № *2*, що свідчить про відносне погіршення пропускної здатності цієї форсунки. При цьому відхилення паливоподачі окремими форсунками в межах одного з вибраних імітованих режимів роботи ДВЗ досягає 51%, що свідчить про потребу проведення робіт для відновлення пропускної здатності форсунок з подальшим вибракуванням несправних.

Висновки. Розроблено лабораторний стенд для визначення характеристик подачі палива та електричних параметрів електромагнітних форсунок розподіленої системи впорскування бензинового двигуна легкового автомобіля. В основі стенда використано елементи електронних систем керування роботою ДВЗ автомобіля OpelVectraB, зокрема системи впорскуванняMultec-S, що спростило конструкцію стенда та зменшило його вартість у порівнянні зі промисловими стендами з аналогічними функціями.

За результатами стендових досліджень встановлено значну розбіжність (близько 50%) у подачі палива окремими форсунками на усіх режимах роботи, які відповідають зміні частоти обертання колінчастого валу двигуна, що вказує на потребу визначення причини несправності системи.

Незважаючи на наявні похибки вимірювання, зумовлені лабораторним обладнанням, проведені дослідження дозволяють зробити якісну оцінку роботи системи розподіленого впорскування.

Розробка покращить навчальний процес, сприятиме засвоєнню теоретичних знань та отриманню практичних навичок під час проведення лабораторних експериментальних досліджень.

Література

1. Автомобільні двигуни: підручник / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. – К.: Арістей, 2007. – 476 с.

2. Economy and NO emission potential of an SI variable R/L engine. Rychter T,J., Teodrczyk A.SAE Techn. Pap. Set.", 1985, No.850207, 14 pp.

3. Стендыдлядиагностикиичисткифорсунок [Електронний ресурс] / «ГрандИнструмент». 2004-2016.Режимдоступу:http://www.grandinstrument.com/oborudovanie/injector-cleaner.html

4. Стенды проверки и регулировки форсунок [Електронний ресурс] / Техносоюз. Режим доступу: http://www.technosouz.ru/pages/diagnostic_fuelgear.html

5. Марціяш О.М. Лабораторний стенд для визначення деяких характеристик роботи автомобільних амортизаторів / О.М. Марціяш, І.С. Мурований, В.І. Павлюк // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки») – Луцьк, 2015. – Вип. 48 (січень-березень). – С. 135–139.

6. Росс Твег. Системы впрыска бензина. Устройство, обслуживание, ремонт /Росс Твег. - М.: ЗЛО «КЖИ «За рулем», 2004. - 144 с.: ил.

7. Ерохов В.И. Системы впрыска легковых автомобилей. Эксплуатация, диагностика, техническое обслуживание и ремонт / В.И. Ерохов. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Транзиткнига», 2003. – 159, [1] с.: ил.

8. Риезен Р. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей Opel Vectra B. Выпуск с октября 1995 г. Бензиновый четырехцилиндровый двигатель/Роланд Риезен. — М.: Астрель: АСТ, 2006. — 272 с.

9. Шалыгин А.Ю. Схемы электрооборудования автомобилей Opel Vectra выпуска 1995-2001 гг. / А.Ю. Шалыгин.– М.: Издательский Дом Третий Рим, 2003. — 32 с., табл., ил.

Стаття надійшла до редакції 04.05.2016

© О.М. Марціяш, І.С. Мурований, Р.Р. Заверуха

УДК 656.13.071.8

С.М. Мастепан
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВТРАТ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПОСЛУГ З ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ НА ПАТ

Розроблено порядок моніторингу виробничого процесу технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Представлено математичну модель оцінки якості виробництва послуг, схему функціонування системи «lean production» (ощадливе виробництво) на підприємстві автомобільного транспорту, систему профілактики втрат якості послуг і ефективності процесу обслуговування та ремонту автомобілів на підприємстві транспорту.

***Ключові слова**: моніторинг, втрати якості, ощадливе виробництво, ефективність, профілактика, програма.*

С.Н. Мастепан
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОТЕРЬ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА УСЛУГ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПАТ

Разработан порядок мониторинга производственного процесса технического обслуживания и ремонта автомобилей. Представлена математическая модель оценки качества производства услуг, схема функционирования системы «lean production» (бережливое производство) на предприятии автомобильного транспорта, система профилактики потерь качества услуг и эффективности процесса обслуживания и ремонта автомобилей на предприятии транспорта.

***Ключевые слова**: мониторинг, потери качества, бережливое производство, эффективность, профилактика, программа.*

S. Mastepan
Kharkiv National Automobile and Highway University

DEVELOPMENT OF MONITORING LOSS OF QUALITY AND EFFICIENCY OF SERVICES ON MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS ON ROAD TRANSPORT ENTERPRISES

The order production process monitoring maintenance and repair cars. The mathematical model for evaluating production quality service scheme of the system «lean production» (lean production) the company road transport system to prevent loss of service quality and efficiency of the service and repairs of cars the company transport.

***Keywords**: monitoring, quality loss, lean production, efficiency, prevention program.*

Постановка проблеми. В умовах конкуренції на ринку послуг з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів утримуються тільки ефективні підприємства, здатні при мінімальних витратах матеріальних і трудових ресурсів отримувати високі доходи.

При виробництві послуги з технічного обслуговування та ремонту автомобілів необхідно приділяти суттєву увагу створенню цінності для споживача при одночасному забезпеченні ефективності виробництва. В цьому плані важливим є запобігання втратам цінності послуг при їх виробництві за рахунок запобігання відхиленням в виробничих процесах і зниження (втрат) якості.

Процес управління якістю послуг повинен включати визначення видів контролю, методики визначення відхилень і втрат якості та ефективності виробництва та відповідні організаційні процедури усунення відхилень. Необхідно розробити механізм управління якістю, призначений для реалізації цілей у сфері якості й орієнтований як на мінімізацію всіх видів втрат, так і на узгоджене функціонування окремих виробничих процесів.

При виробництві послуг з ТО і ремонту автомобілів на підприємствах автомобільного транспорту досягнення запланованого результату забезпечується ефективним функціонуванням системи управління якістю, на яку покладаються такі функції [1, 2, 3, 4]: контроль своєчасності постачання, відповідно до договорів, матеріальних та енергетичних ресурсів; вхідний контроль якості матеріалів, запасних частин; контроль процесу виконання окремих операцій обслуговування та ремонту автомобілів; кінцевий приймальний контроль вироблених послуг; контроль технічного стану та використання технологічного устаткування та оснащення виробничого процесу; контроль використання робочого часу робітників, задіяних у виробничому процесі; облік і аналіз відхилень виробничого процесу, дефектів виробництва; аналіз причин втрат

© С.М. Мастепан

якості та ефективності виробництва послуг, формування та реалізація заходів по ліквідації відхилень.

Метою роботи є розробка обґрунтованих методичних пропозицій і практичних рекомендацій з організації й удосконалення системи моніторингу втрат якості та ефективності виробництва послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів на підприємствах. Необхідно розробити механізм забезпечення моніторингу виробничого процесу підприємства, його відхилень і втрат якості послуг за окремими складовими процесами загального технологічного процесу, розробити методику оперативного визначення втрат якості та ефективності виробництва.

Результати досліджень. Дослідження ефективності та якості виробництва послуг з ТО і ремонту автомобілів та розробка механізму моніторингу втрат якості, відповідно до рекомендацій загальної теорії управління якістю [5, 6], потребують вирішення таких питань: визначення причин відхилень і втрат якості та ефективності виробництва послуг автосервісу, їх наслідків та розробка класифікації втрат та відхилень; розробка методів оперативного виявлення відхилень якості обслуговування та ремонту; встановлення взаємозв'язків відхилень і втрат якості послуг з економічними показниками; теоретичні й методичні обґрунтування основи формування якості послуг; розробка системи загального управління якістю ТО і ремонту автомобілів; організація робіт із забезпечення якості по окремим технологічним процесам тощо.

Моніторинг – спеціально організоване систематичне стеження за станом об'єктів, явищ, процесів з метою їх оцінки, контролю або прогнозу [5].

Для підприємств автомобільного транспорту особливо важливими принципами моніторингу є: всебічність, відповідність цілям і стратегії підприємства, своєчасність, базування на фактах.

Успішне функціонування системи моніторингу втрат якості та ефективності виробництва послуг з обслуговування та ремонту можливе за таких умов: достатній рівень кваліфікації розробників системи моніторингу; наявність вимірювальних показників, нормативів і характеристик процесів та методів їх оцінки; наявність методики, алгоритмів, процедур моніторингу складових виробничого процесу; підготовленість та вмотивованість керівників та персоналу, що здійснюють моніторинг.

При моніторингу процесів обслуговування та ремонту автомобілів проводяться зовнішній аудит середовища формування ринку послуг, вивчення та аналіз ринку ресурсів, а також внутрішні спостереження та аналіз окремих технологічних процесів виробництва послуг.

Систему моніторингу втрат якості обслуговування та ремонту автомобілів на підприємствах доцільно будувати на основі «lean production» («ощадливе виробництво») [7]. Система передбачає постійне прагнення до усунення всіх видів втрат при виробництві, залучення до процесу оптимізації всіх без виключення працівників і максимальне врахування очікувань споживачів. Метою «lean production» є виявлення, визначення, аналіз і усунення всіх втрат якості і ефективності у виробничих процесах.

Аналіз кожного виду втрат на підприємствах автомобільного транспорту при технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів проводиться за схемою (рис.1).

© С.М. Мастепан

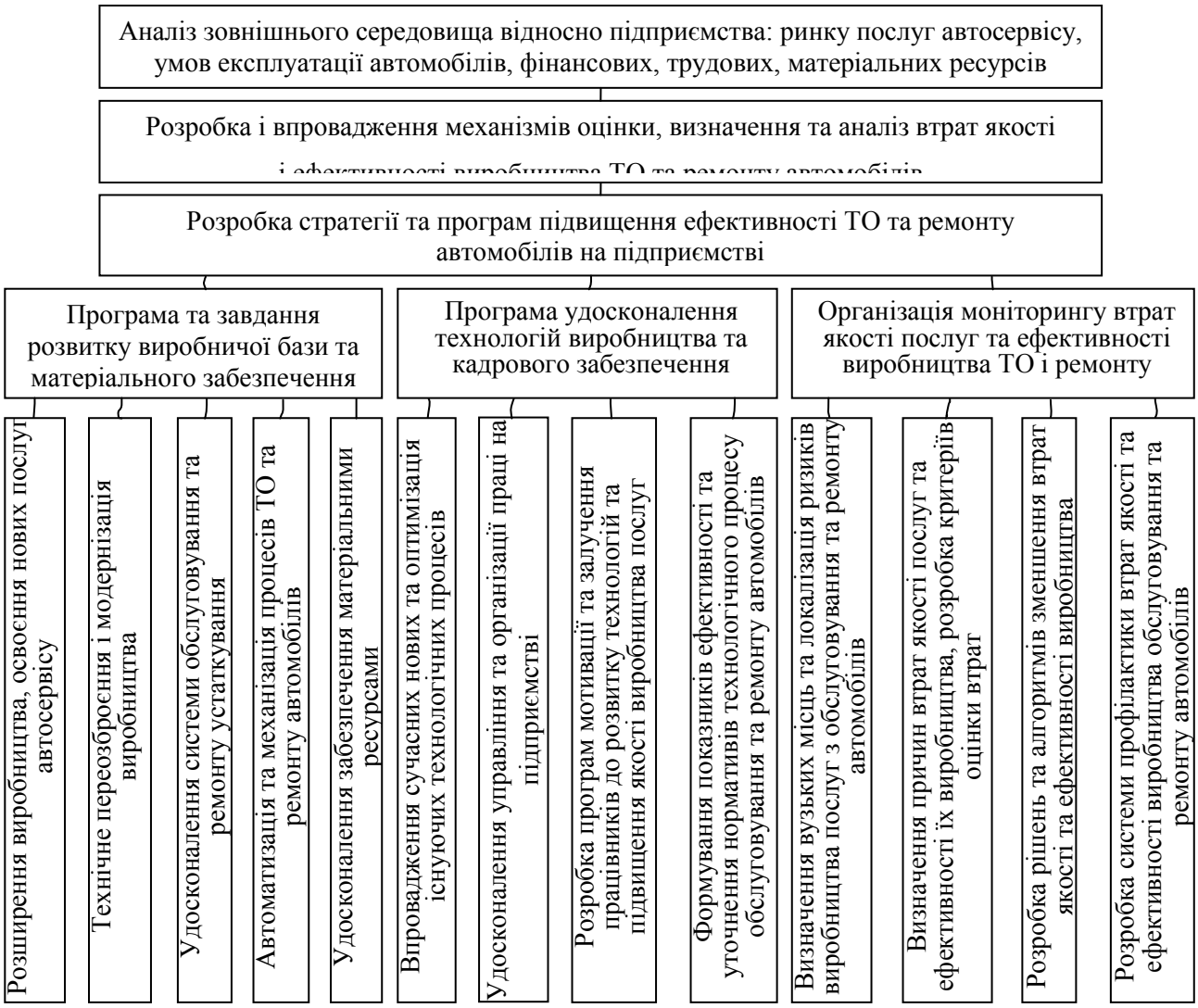


Рис. 1. **Схема функціонування системи «lean production» (ощадливе виробництво) на підприємстві автомобільного транспорту**

Втрати в виробничих процесах підприємств автомобільного транспорту – це операції технічного обслуговування та ремонту автомобілів або їх частини, на які витрачаються трудові і матеріальні ресурси, і при цьому не збільшується цінність послуги для внутрішнього або зовнішнього споживача.

Система профілактики втрат якості та ефективності виробництва обслуговування та ремонту автомобілів представлена на рис. 2.



Рис. 2. **Система профілактики втрат якості послуг і ефективності процесу обслуговування та ремонту автомобілів на підприємстві транспорту**

В табл. 1 представлена карта втрат якості у виробничому процесі СТО «……».

У ході проведеного моніторингу втрат на СТО «…….» було встановлено, що терміни 25 елементарних процесів загального виробничого процесу мають часові і, відповідно, грошові втрати.

Для оцінки ефективності системи моніторингу втрат якості доцільно використовувати показники якості продукції: індекси якості і дефектності [8] на різних етапах моніторингу.

Індекс якості (E_e) визначається за формулою:

$$E_e = \sum_{i=1}^{S} (B_i \cdot \frac{k_i}{k_{ib}}) . \quad (1)$$

У рівнянні (1) прийняті такі позначення:

B_i – коефіцієнт вагомості і -го виду послуги,

K_i – комплексний показник якості і -го виду послуги,

K_{ib} – базовий комплексний показник якості і -го виду послуги,

i = 1, ..., S – кількість видів послуг.

Табл. 1.

Карта втрат якості у виробничому процесі СТО «…» м. … за 12.09.2015 р

№	Місце в процесі		Опис втрат, проблем	Показник процесу		Статус усунення втрат	Заходи по усуненню втрат	Документ
	Процес	Підпроцес		план	факт			
1	Технічне обслуговування №2	Заміна моторної оливи	Відсутність потрібної оливи на проміжному складі. Збільшені витрати часу на операцію, годин	0,35	0,40	Втрати усунені	Визначити та створити нормовані запаси експлуатаційних матеріалів на проміжному складі в зоні ТО і ремонту автомобілів	Протокол №7 від 12.09.2015 р
2	Заміна коробки передач	Зняття коробки передач з автомобіля	Зняття коробки передач без застосування засобів механізації. Збільшені витрати часу на операцію, годин	0,20	0,35	Втрати усунені	Закупити та впровадити в виробничий процес поточного ремонту підйомник-маніпулятор для заміни агрегатів автомобіля	Протокол №7 від 12.09.2015 р
3	Сезонне обслуговування	Ущільнення дверей кабіни	Недостатні навички робітника, що здійснює наклеювання ущільнювачів дверей. Неякісно виконано наклеювання, що призвело до усунення дефекту і збільшення часу на операцію, годин	0,30	0,55	В роботі	Провести навчання робітника, задіяного на виконанні операції по ущільнені кабін та кузовів автомобіля	Протокол №7 від 12.09.2015 р

Індекс дефектності (E_a) визначається за формулою:

$$E_a = \sum_{i=1}^{S} B_i \cdot Q_i \ . \qquad (2)$$

У рівнянні (2) прийняті такі позначення:

Q_i – відносний коефіцієнт дефектності послуги і-го виду.

Коефіцієнт дефектності продукції або послуги (Q_i) можна обчислити за формулою:

$$Q_i = \frac{A}{A_a} . \qquad (3)$$

У рівнянні (3) прийняті такі позначення:

A – значення коефіцієнта дефектності продукції, зробленої в розглянутому періоді;
A_a – базове значення коефіцієнта дефектності продукції.

Індекси якості і дефектності є універсальними показниками, якими можна оцінити якість послуг підприємства в цілому і проаналізувати його зміни.

Висновки. В системі управління якістю доцільно використовувати метод, оснований на визначенні і аналізі втрат якості та ефективності виробництва послуг в низці окремих складових процесів.

© С.М. Мастепан

При побудові системи моніторингу втрат якості та ефективності послуг необхідно дослідити: фактори використання і роботи виробничого устаткування, фактори використання робочої сили, фактори використання запасних частин, матеріальних та енергетичних ресурсів, фактори організації та управління виробничим процесом.

Моніторинг і аналіз повинні передбачити: оцінку виконання плану з обсягу виробництва за день, декаду, місяць; з'ясування причин, які зумовлюють відхилення від плану; розрахунок невикористаних резервів реалізації та розроблення заходів щодо їх мобілізації.

Література

1. Канарчук В. Е., Лудченко А. А. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств./ В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко. – Киев: Вища школа, 1991. – 359 с.

2. Лысанов Д.М. Разработка методики оценки эффективности функционирования производственно-технической базы автосервисных предприятий: Дис. канд. техн. наук: 05.22.10. / Д.М. Лысанов. – М.: РГБ, 2005.

3. Бычков В.П., Пеньшин Н.В. Эффективность производства и предпринимательство в автосервисе: учебное пособие / В.П. Бычков, Н.В. Пеньшин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 304 с.

4. Марков О.Д.: Автосервис: Рынок, автомобиль, клиент. / О.Д. Марков– М.: Транспорт, 1999 – 270 с.

5. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. Всеобщее управление качеством: Учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин ; Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. – 600 с.

6. Аристов О.В. Управление качеством: Учебник. / О.В. Аристов– М.: ИНФРА-М, 2008. – 240 с.

7. Lean production: за пределами массового производства. [Электронный ресурс] – Режим доступа к статье: http://www.up-pro.ru/library/production_management/lean/mass_ production.html.

8. Джон Шоттміллер. Витрати на якість стимулюють процеси безперервного вдосконалення / Джон Шоттміллер. // Методи менеджменту якості. - 2003. - № 2. - С. 62-65.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2016

© С.М. Мастепан

УДК 658.7

А.Й. Матвіїшин[1], І.С. Гирила[2], Т.Л. Попович[3]
[1]Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
[2]Група компаній "Stellar"
[3]ПП ІВА «Бізнес – преса»

АНАЛІЗ ПОПИТУ І ПРОПОЗИЦІЇ НА РИНКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ

Представлено результати аналізу стану і тенденцій, динаміку і структуру ринку транспортних послуг включаючи зовнішньоекономічні вантажопотоки кордонами України автомобільним транспортом 2000-2015 рр.
Ключові слова: *вантажні перевезення, пасажирські перевезення, структура вантажних потоків, ринок транспортних послуг.*

А. Матвиишин[1], И. Гирила[2], Т. Попович[3]
[1]Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя
[2]Группа компаний "Stellar"
[3]ООО ИВА «Бизнес - пресса»

АНАЛИЗ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА РЫНКЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ В УКРАИНЕ

Представлены результаты анализа состояния и тенденций, динамику и структуру рынка транспортных услуг включая внешнеэкономические грузопотоки границами Украины автомобильным транспортом 2000-2015 гг.
Ключевые слова: *грузовые перевозки, пассажирские перевозки, структура грузовых потоков, рынок транспортных услуг.*

A. Matviyishyn[1], I. Hyryla[2], T. Popovych[3]
[1]Ternopil National Technical University Ivan Pul'uj
[2]Group of companies "Stellar"
[3]Private enterprise "Business - press"

ANALYSIS OF DEMAND AND SUPPLY OF TRANSPORT SERVICES IN UKRAINE

The results and analysis of trends, dynamics and structure of the transport market including foreign cargo traffic road borders Ukraine 2000-2015 biennium.
Keywords: *cargo transportation, passenger transportation, freight flow structure, the market of transport services.*

Функціонування і розвиток в Україні товарного і транспортного ринків, як наслідок діяльності підприємств: транспортно - експедиційних, комерційно-посередницьких, перевізників, ін. комплексно детермінують тренди ринку транспортних послуг як об’єкту дослідження динаміки та структури вантажопотоків. Шляхом аналітичного дослідження одержаних емпіричних даних визначаються показники обсягів перевезень, в тому числі змішаних, також види вантажів, тренди попиту на перевезення за видами перевезень і транспорту, тренди розміщення та об’ємів виробництв за видами продукції, перспективи підвищення прибутковості вантажних, а також пасажирських перевезень [4, 10, 11, 12, 13].

Реалізація логістичних проектів щодо вантажних і пасажирських перевезень для вітчизняних умов як волатильної комплексної динамічної системи (фінанси, економіка, ін.) передбачає оцінку економічної ефективності з прогнозуванням попиту і пропозицій з впливами підвищених ризиків [10]. Багатофакторність: модель реалізації, зміна вихідних даних, ін. при роботі з цільовими функціями є головною проблемою раціонального оцінювання. Традиційні підходи до розв'язання аналогічних некоректних задач не забезпечують адекватності результату [10, 14, 15, 16], виникає потреба використання нових технологій при математичному моделюванні процесів функціонування логістичних систем. Враховуючи значні напрацювання вітчизняних і зарубіжних науковців [5, 14, 15, 16], доцільним є акцентувати на моделюванні при оцінці ланцюгів постачань з наголосом на ряд аспектів. З позиції управління матеріальними потоками [14 - 21], максимальна увага приділяється дослідженням на базі позицій класифікації , враховуючи багатовимірність, без раціональної формалізації з систематизацією виникатимуть суттєві похибки в записах рівнянь при моделюванні процесів. Проблематика розширюється в задачах оптимізації витрат без розробки,

© А.Й. Матвіїшин, І.С. Гирила, Т.Л. Попович

або вдосконалення аналітичних динамічних методів, що поєднують більше число логістичних функцій. Також, при виконанні розрахунків, існуючі базові методики, моделі часто застосовуються як умовні приклади, отже доцільним є розробка і вдосконалення способів застосування аналітичних підходів щодо систематизації масивів інформації (елементи та параметри логістичних ланцюгів) [1-6].

Забезпечення адекватного моделювання процесів в транспортно - логістичних системах пов'язане з високим рівнем відповідальності впливу управлінських рішень, винятково «людський фактор» на результати, потребує застосування аналітичних задач, які враховують процеси що відбуваються шляхом застосування коректної вихідної інформації з використанням громіздкого математичного апарату, на цій основі необхідним є рішення ряду математичних задач ідентифікації моделей, оцінки станів і моделювання систем в динамічній постановці задачі. При такому моделюванні адекватність і ефективність моделей і методик потребує врахування багатофакторності з особливостями від впливів [22]:

- динамічності вихідних даних (неоднозначності, неточності, невизначеності, ін.);
- об'єктів, що моделюються (конфліктна природа, ігрова невизначеність, інформація щодо опису об'єкту як динамічної системи, ресурсні обмеження).

Дані чинники домінують в процесах рішення аналітичних задач керування складними динамічними системами, що свідчить про важливість досліджень, що враховують багатофакторність невизначеності. На традиційні підходи математичної статистики накладається ряд обмежень [22] нехтування якими може призвести до помилкових рішень в логістиці:

- нестабільність при застосуванні моделей розподілів ймовірності як наслідок неповної інформації [23];
- необхідність врахування факторів невизначеності, які мають нестатистичну природу (експертно – лінгвістична невизначеність, суб'єктивність оцінок, ін.) [24];
- неможливістю одержання ситуаційних статистичних даних з організаційно – технічних систем, а також необхідністю врахування взаємовиключаючої інформації, яка призводить до значних труднощів при формалізації в математичних моделях [25].

Розвиток і систематизація при використані у моделюванні і обробці нечітких даних, множин, ін. нових математичних підходів, свідчить, що на якість досліджуваних аналітичних моделей впливають: складність опису динамічних процесів при нестатистичній невизначеності, значні труднощі і навіть неможливість застосування семантичних модальностей нечітких даних, неможливістю уніфікованого опису інформації за кількісними і якісними показниками [22].

Доцільним при розв'язках задач невизначеності є застосування аналітичних моделей нечіткої логіки, які в стані забезпечити відносно адекватне узагальнення описів невизначеності враховуючи розвиток ефективного математичного і програмного забезпечення.

Створення нових методів прогнозування попиту і пропозицій забезпечується тривалими науковими дослідженнями в даній галузі, проте їхній розв'язок аналітичними методами має значні складнощі. Математичний апарат дозволяє формалізувати в одній системі різну за характером інформацію: статистичну, визначену, інтервальну. Формалізми нечіткої логіки, зокрема теорії нечітких множин, забезпечать раціональний коректний облік саме експертної інформації, що актуальне для логістичних задач.

Отже, в сучасних вітчизняних умовах застосування нечітких технологій буде ефективним і раціональним при недостачі статистичної інформації, чи/або сумнівах у її достовірності, також при різній за якісними і кількісними показниками інформації, при наявності винятково експертної лінгвістичної інформації. При застосуванні економіко-математичних методів доцільно змінити підходи при рішенні задач з оптимізації з позиції детермінізму на оптимізацію з використанням аналітичних моделей нечіткої логіки, що набуває підвищеної актуальності при моделюванні попиту у вітчизніних умовах [10].

На цих математичних основах прогнозуються показники перевезень вантажів, а також пасажирів, в середньо і довгостроковій перспективі, для чого застосовуються методи кореляційного та регресивного аналізу, екстраполяції часових рядів та евристичного прогнозування виходячи з експертних оцінок [4, 10].

Питома вага автотранспорту в пасажирських перевезеннях у 2013 р. становила 38,2% [1, 2]. Протягом 2000р.-2014 р. попит на перевезення пасажирів автомобільним транспортом зріс на 30,8%, а пасажирооборот на 70,1% за пасажирооборотом 2014р., проте в 2013р. мав місце спад 7,5 %, в 2015р. до 2014р. спад становив 18,4 %. У пасажирських перевезеннях задіяно близько 25 тис. ліцензованих перевізників (включаючи фізичні особи і компанії), на балансі яких знаходяться

111,6 тис. транспортних засобів, причому більше 25% сумарного пробігу пасажирських засобів відбувається з нульовим завантаженням. Структура потреб у внутрішніх пасажирських перевезеннях за видами сполучень [3]: міжміське - 4,4%, приміське –18,6%, міське – 77,0%. У міжнародних сполученнях, на 2013 р., частка перевезень пасажирів автотранспортом становила 0,04%.

Для характеристики ринку автомобільних пасажирських перевезень, за ДСТУ 2610-94, досліджується транспортна рухомість населення, що дає базу для порівняння рухомості населення за видами транспорту, а також можливість коректної оцінки величини транспортної роботи відносно одного мешканця. За період з 2000 р. по 2014 р. транспортна рухомість населення зросла до 2 разів, причому у 2000 р. коефіцієнт рухомості населення на автомобільному транспорті був нижчим, ніж на залізничному транспорті, з 2006 р. до 2014р. тенденція змінилася, відбулося вирівнювання [1, 3, 5].

При дослідженнях рухомості населення України за регіонами України і за видами сполучень має місце високий ступінь неоднорідності, коефіцієнт варіації близько 188% максимальний для міжнародних перевезень, де 66,8% пасажирів припадає на Волинську (13,3%), Львівську (16,5%), Одеську (7,2%), Харківську (19,1%) області і м. Київ (10,7%), міське сполучення має коефіцієнт варіації 36,5% [1, 3].

За дослідженнями [1, 2, 3] встановлено, в 2000-2013 рр. спостерігалось збільшення попиту на вантажні автомобільні перевезення, обсяги виконаної роботи зросли: 939 - 1261 млн. т., що є 68,6% загального обсягу перевезених вантажів в Україні, у 2014 році спостерігається зменшення до 1131 млн. т. (без урахування тимчасово окупованої території АР Крим та частини зони АТО). За 2000-2013 рр. вантажооборот автотранспорту збільшився близько 3 разів при зростанні його частки у загальному обсязі вантажообороту всіх видів транспорту з 4,9% до 14,7%, також у 2,1 рази зросла середня дальність перевезень, у 2014 році спостерігалось падіння вказаних показників майже на 10 %, отже розширення масштабів ринку, на сьогодні, призупинилось [1, 2, 3]. В [3, 4] доведено, що структура парку вантажних автомобілів Українських підприємств, зокрема працюючих на внутрішніх перевезеннях, не відповідає попиту так як більшість вантажівок є морально застарілими. Встановлено [3], що вантажопідйомність 88% вантажівок становить 1,5 - 10 т. , структура парку автомобільного транспорту в Україні така, що близько 70% вантажних автомобілів експлуатуються понад 10 р. що призводить до збільшення витрат на перевезення. У 2013 р.– 2014рр., в середньому по Україні, до 50 % сумарного пробігу вантажного автотранспорту склав пробіг з вантажем [1, 2, 3]. У 2014 р. зовнішні вантажопотоки склали 336,6 млн. т., частка транзиту 30,3%, експорт – 51,9%, імпорт – 17,8%, причому, за видами транспорту, автомобільний транспорт знаходиться на третьому місці, 23, 58 млн. тон., трубопровідний, 74, 28 млн. тон., залізничний 173, 93 млн. тон. [1]. За структурою експортно – імпортних та транзитних операцій, частка автотранспорту 7% , залізничного 42,77%, трубопровідного 22, 07%. В 2013 р. [1] зовнішні вантажопотоки склали понад 371 млн. т., частка транзиту 21,4%, експорт – 34,2%, імпорт – 44,4%, причому, за видами транспорту у загальній структурі автомобільний транспорт також знаходився на третьому місці, відповідно, після залізничного і трубопровідного.

Транзитне перевезення вантажів автомобільним транспортом за період з 2000 р. по 2014 р. зросло більше 8 раз, щорічно усереднене збільшення обсягу, наприклад, транзитних перевезень автомобільним транспортом складало 618,61 тис. т. [1, 2]. В загальному обсязі транзитних вантажопотоків частка автомобільного транспорту зросла до 4% у 2014 р., що засвідчує підвищення рівня використання транзитного потенціалу країни з позицій автомобільних перевезень. Експорт транспортних послуг становить 21,3% від загальносвітового експорту комерційних послуг, в Україні частка імпорту досягає 0,4%, експорту – 1,0% на загальносвітовому ринку транспортних послуг. В країнах ЄС здійснюється 32,1% імпорту і 43,2% загальносвітового експорту транспортних послуг [6, 9]. Зокрема, згідно зі статистикою ЄС, на міжнародні перевезення товарів морськими шляхами припадає 50,8%, автодорожними – 17%, залізничними – 1,3%, повітрям – 22,9% [7, 9]. За змішаною схемою перевезень здійснюється біля 60% світового зовнішньоторговельного товарообміну, з яких 75% – експедиторів, або 2PL, 3PL, 4PL провайдерів [8, 9].

Висновок. Транспортна галузь України потребує реструктуризації з оновленням основних фондів, удосконалення технологій перевезень, підвищення якості транспортно-експедиційних послуг на основі вимог ЄС. З метою комплексного розвитку транспортної системи України необхідно удосконалити транспортну політику на державному рівні, орієнтовану на забезпечення транспортного сектору економіки інвестиційними ресурсами з врахуванням фактору, що частка

автомобільного транспорту в транспортній системі країни зростає, в умовах сталого, з позитивним тренду попиту на перевезення вантажів і пасажирів матиме місце тривалий динамічний розвиток перевізної галузі в цілому.

Література

1. Державний комітет статистики України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua.

2. Міністерство транспорту та зв'язку України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.mintrans.gov.ua.

3. Гречка О. В. Статистичний аналіз ринку послуг автомобільного транспорту [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.10 / Гречка О. В. Держ. ВНЗ "Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана". - Київ, 2015. - 20 с.

4. Н. М. Іщенко. Маркетинг транспортних послуг. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://lib.chdu.edu.ua/pdf/posibnuku/333/4.pdf.

5. Гурч Л.М., Ченчик А.М. Маркетингове дослідження ринку транспортних послуг України //Логістика. – №633. – 2008. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Logistyka/2008_633/23.pdf

6. International Trade Statistics 2011, Statistic database WTO // Source: http://www.wto.org

7. EU: Transport in Figures 2011 // Source: http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/doc/2012/pocketbook2012.pdf

8. Підлісний П.І. Стан та тенденції розвитку змішаних вантажних перевезень / Підлісний П.І., Брайковська А.М. // Зб. наукових праць, ДЕТУТ, «Економіка та управління», вип. 19, 2012 р.

9. Брайковська А. Дослідження особливостей формування ринку транспортних послуг як середовища функціонування підприємств транспорту / А. Брайковська // Економіст. - 2012. - № 9. - С. 50-54. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2012_9_14

10. Попович П. Аналітичні технології в забезпеченні економічної ефективності логістичних систем / Попович П. // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2016. – Вип. № 169. – С. 223 - 225.

11. Шевчук О. Вплив показників ефективності на безпеку руху вулично-дорожними мережами/ Шевчук О.// Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2016. – Вип. № 169. – С. 205 - 209.

12. Цьонь О. Правові аспекти організації перевезень вантажів у міжнародному сполученні/ Цьонь О.// Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2016. – Вип. № 169. – С. 209 - 212.

13. Дзюра В. Порушення при облаштуванні прибудинкових територій, зокрема місць для зберігання індивідуальних транспортних засобів в межах населених пунктів/ Дзюра В.// Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2016. – Вип. № 169. – С. 228 - 232.

14. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация / А.Н. Тихонов, А.В. Гончарский и др. – М.: Наука, 1983. – 200с.

15. Бакушинский А.Б., Гончарский А.В. Некорректные задачи. Численные методы и приложение. – М.: Изд.-во Моск. ун-та, 1989. – 199 с.

16. Використання FUZZY-технології у задачах прийняття рішень [Текст] / О. Б. Герасимчук // Актуальні проблеми економіки : Науковий економічний журнал. - 2009. - N 10. - С. 166-173.

17. Неруш Ю. М. Коммерческая логистика : учебник / Ю. М. Неруш.–М.: ЮНИТИ, 1997. – 270 с.

18. Гаджинский А. М. Основы логистики : учеб. пособие / А. М. Гаджинский. – М., 1995. – 122 с.

19. Логистика : учебник для вузов / под ред. Б. А. Аникина. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 352 с.

20. Бауэрсокс Доналд Дж. Логистика : интегрированная цепь поставок / Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж.; пер. с англ. - 2-е изд.– М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 640 с.

21. Иоахим Кох. Тенденции в международной логистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.wagener-herbst.com

22. Бочарников в.п. Fuzzy Технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике. С.Петербург: «Наука» РАН, 2001. 328 с.

23. Линник А.П." Климов С.А. Инвариантные выводы в статистике.. .. М.: Радио и связь, 198бг.. .. 408 с.

24. Обработка нечеткой информаиии в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. и др. .. М.: Радио и связь, 1989. 304 с.

25. Т. Саати, К. Кернс. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2016

© А.Й. Матвіїшин, І.С. Гирила, Т.Л. Попович

УДК 629.113
UDC 629.113

Ю.А. Монастирський[1] , І.В. Бондарь[2], А.С. Вівчарик[1], А.В. Гальченко[1]
[1]*ДВНЗ «Криворізький національний університет»,*
[2]*Сервісний торгово-логістичний центр «БЕЛАЗ-УКРАЇНА»*

НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ АГРЕГАТІВ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 45 Т ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ГАРЯЧИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ

На основі статистичних даних встановлені числові показники основних причин виходу з ладу карданних валів, гідромеханічної передачі та заднього ведучого мосту гідромеханічних трансмісій кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 45 т виробництва «БелАЗ» на металургійному підприємстві при перевезенні сталеплавильних шлаків які мають температуру до 800^{0}С. Виконано порівняння з середніми по Україні показниками напрацювання на відмову агрегатів трансмісії і показано як відрізняється питома вага кожної з причин в залежності від температурних умов експлуатації.

Ключові слова: *кар'єрний самоскид, сталеплавильні шлаки, вузли та агрегати трансмісії, надійність роботи.*

Ю.А. Монастырский[1] , И.В. Бондарь[2], А.С. Вівчарык[1], А.В. Гальченко[1]
[1]*ДВНЗ «Криворожский национальный университет»,*
[2]*Сервисний торгово-логистический центр «БелАЗ-УКРАИНА»*

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 45 Т ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГОРЯЧИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ.

На основе статистических данных установлены числовые показатели основных причин выхода из строя карданных валов, гидромеханической передачи и заднего ведущего моста гидромеханических трансмиссий карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 45 т производства «БелАЗ» на металлургическом предприятии при перевозке сталеплавильных шлаков которые имеют температуру до 800^{0}С. Выполнено сравнение со средними по Украине показателями наработки на отказ агрегатов трансмиссии и показано как отличается удельный вес каждой из причин в зависимости от температурных условий эксплуатации.

Ключевые слова: *карьерный самосвал, сталеплавильные шлаки, узлы и агрегаты трансмиссии, надежность работы.*

Yu. Monastirskiy[1], I. Bondar[2], A. Vivcharik[1], A. Galchenko[1]

THE RELIABILITY OF THE AGGREGATES QUARRY DUMP TRUCKS WITH CARRYING CAPACITY OF 45 TONS DURING TRANSPORTATION OF THE HOT STEEL-MAKING SLAG.

The numerical values of the major causes of failure of cardan shafts, hydromechanical transmission and rear axle hydromechanical transmissions of career dump trucks with carrying capacity of 45 t the production of "BelAZ", which used at the transportation of steel slags with a temperature up to 8000S at metallurgical plant, based on the statistical data are determined. The comparison with the average for Ukraine indicators MTBF of the drive components and shows how different the weight of each reason depending on the temperature conditions.

Keywords*: dump truck, steel slag, components and assemblies of transmission, reliability.*

Вступ. Металургійна галузь країни є одним з основних постачальником валютних надходжень держави, тому питання вдосконалення ефективності роботи її структур є актуальним. На території України працюють 19 великих металургійних комбінатів та заводів. На кожному з них в структурі основного металургійного виробництва є шлакове господарство, яке забезпечує переробку та утилізацію шлаків. Для транспортування шлаків зі шлакового двору, що розташовується, як правило, в центральній частини підприємства на шлакопереробку, що розташовується на периферії земельного відводу використовуються кар'єрні автосамоскиди виробництва холдингу «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» вантажопідйомністю 30 та 45 т. Застосування таких машин обумовлюється наявністю негабаритних шлако-металевих брил вагою до 3-5 т які складно навантажувати та перевозити в автосамоскидах загального користування. Температура шлаків складає від 300 до 800^{0}С, довжина їздки з вантажем - від 2 до 10 км, тому за час транспортування, який може досягати однієї години, транспортний засіб нагрівається і умови експлуатації машин суттєво відрізняються від базових. Завод-виробник разом з автогосподарствами постійно працюють над підвищення надійності роботи машин [1], тому дослідження пов'язані з встановленням причин та розробці заходів зменшення виходів з ладу вузлів та агрегатів

© Ю.А. Монастирський, І.В. Бондарь, А.С. Вівчарик, А.В. Гальченко

самоскидів є необхідними для вдосконалення, як конструкції машин, так і для підвищення ефективності технічного сервісу.

Аналіз основних досягнень і літератури. Публікацій по питанням надійності роботи кар'єрних самоскидів в Україні практично немає, із останніх робіт слід відзначити напрацювання [2, 3] щодо визначення надійності роботи агрегатів кар'єрних автосамоскидів за даними офіційного представника заводу-виробника в Україні. Встановлені показники характеризують середні напрацювання у цілому по підприємствам держави та можуть слугувати свого роду орієнтовними середніми значеннями напрацювання на відмову та базою порівняння для виявлення елементів машин, які мають не типове походження, характерне для конкретних умов експлуатації. Дослідженням роботи кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 30 т які працюють в умовах металургійного виробництва займалися у Приазовському університеті [4, 5], в них встановлено, що тільки для кузова та задніх приладів освітлення і сигналізації температура влітку перевищує межі рекомендовані заводом-виготовлювачем. При цьому визначалися значення температури в окремих точках самоскидів при перевезенні шлаків з максимальною температурою до 300 ^{0}С, в умовах що розглядаються в даній статті температура шлаків досягає 800^{0}С, тому означені роботи мають певний методичний інтерес, але їх результати не можуть бути використані навіть в якості бази для порівняння.

Мета досліджень, постановка задачі. Метою роботи є встановлення числових показників основних причин виходу з ладу кар'єрних самоскидів, які перевозять гарячі сталеплавильні шлаки в умовах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (АМКР), які будуть використані для наукового обґрунтування вибору експлуатаційних матеріалів і коригування нормативів планових технічних дій по відновленню та підтриманню працездатного стану машин в процесі експлуатації. Для досягнення поставленої мети, на основі фактичного статистичного матеріалу, необхідно визначити ймовірності виходу з ладу основних вузлів та агрегатів і виконати порівняльний статистичний аналіз надійності роботи кар'єрних самоскидів БелАЗ серій 7547 вантажопідйомністю 45 т, які працюють в умовах металургійного виробництва та усереднених умовах підприємств України.

Матеріали досліджень. Вихідними даними для досліджень були дані ПАО «АрселорМіттал Кривий Ріг» та сервісних підприємств ТОВ «Кривбас-БелАЗ-Сервіс СП» і СТЛЦ «БелАЗ-Україна». На металургійному комбінаті дані взяті з карток виконання ремонту кар'єрних самоскидів і карток виходу з ладу вузлів та агрегатів, а на сервісних підприємствах - по статистичним даним, які постійно збираються та оновлюється, у тому числі кількості поставлених на підприємства запасних частин, пробіги та напрацювання автосамоскидів.

Результати досліджень. У вибірки для аналізу відмов основних агрегатів трансмісії за 3 роки потрапило 1805 випадків з сервісних підприємств та 288 з АМКР. Середні значення напрацювань на відмову складових гідромеханічної трансмісії складають від 43 до 95 тис. км по Україні та від 33 до 75 тис. км в умовах АМКР. Надійність роботи агрегатів самоскидів, які працюють при перевезенні гарячих шлаків, нижче на 9-11 % у карданних валів та практично на чверть у гідромеханічної передачі та задніх мостів (див. табл. 1).

Таблиця 1 – **Середнє напрацювання на відмову агрегатів трансмісії**

АГРЕГАТИ	по Україні	при перевезенні шлаків (АМКР – шлак)
карданний вал гідромеханічної передачі, тис. км	71,14	63,12
гідромеханічна передача, тис. км	43,95	33,56
карданний вал заднього мосту, тис. км	62,23	56,21
задній міст, тис. км	95,46	74,68

Аналіз відмов гідромеханічної передачі показує, що загалом спостерігається 15 основних причин які означені заводом–виготовлювачем у керівництвах з ремонту (див. рис. 1): 1 - Гідротрансформатор не разблокується при частоті обертання двигуна 1500 об /хв, 2 - Гідротрансформатор не розблокується при перемиканні ступенів, 3 - Гідротрансформатор не блокується при максимальній швидкості самоскида, 4 - Різко зменшується тиск масла в головній гідролінії при включенні ступені, 5 - Не вимикається гальмо-сповільнювач, 6 - Самоскид рухається при нейтральному положенні важеля пульта управління, 7 - Швидкість самоскида не відповідає включеній ступені, 8 - Викидання масла через сапун, 9 - Горить лампа аварійного тиску масла в

© Ю.А. Монастирський, І.В. Бондарь, А.С. Вівчарик, А.В. Гальченко

системі змащення при частоті обертання двигуна понад 1000 об / хв, 10 - Тиск масла в головній гідролінії при мінімальній частоті обертання двигуна менше необхідного на 0,2 МПа і більше, 11 - Відсутній тиск масла в головній гідролінії при нейтральному положенні важеля пульта управління, 12 - Стуки при ввімкнені ступенів передач, 13 - Різко збільшується температура масла при русі самоскида на горизонтальній ділянці, 14 - Не вмикається гальмо-сповільнювач, 15 - Не вмикається ступінь коробки передач.

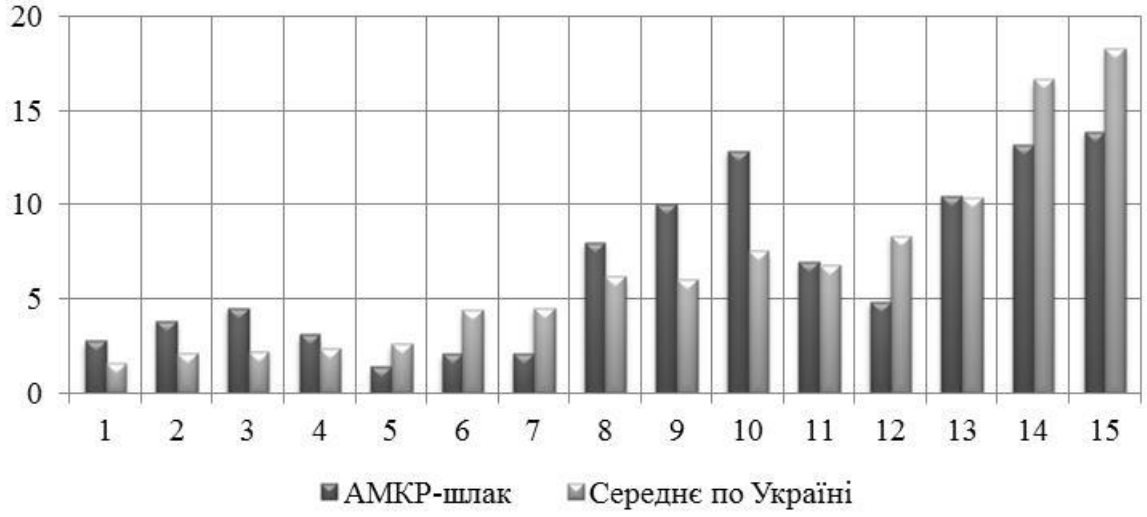


Рис. 1 – **Питома вага різних причин виходу з ладу гідромеханічних передач, 1, 2, … 15 – причини згідно переліку.**

Аналіз рис.1 показує що існують суттєві розбіжності у питомій вазі різних причин виходу з ладу для машин що працюють при перевезенні гарячих шлаків та середніх по Україні. Незважаючи на те, що при експлуатації самоскидів не спостерігається суттєве перевищення робочих температур, елементи трансмісії в яких гідравлічне мастило є одним з складових робочого процесу чи робочим тілом виходять з ладу частіше на кар'єрних самоскидах що працюють в умовах металургійного виробництва. Найбільш суттєва різниця по причинам 1-3 та 8-10, перша група стосується гідротрансформатора, а друга – тиску масла в системах гідромеханічної передачі.

Найбільше за абсолютними значеннями кількості відмов стосується не нормативної зміни тиску масла (табл.2), на частку яких припадає практично половина від всіх відмов (51,39 % проти 39,25 %). Відмови роботи гідротрансформатора зросли майже вдвічі (з 6,30 % до 11,11 %), але якщо врахувати у загальній кількості виходів з ладу це не є визначальним. Відповідно, питома вага виходу з ладу коробки передач зменшилася з 35,24 % до 22,92 %, але абсолютна кількість відмов зосталась на тому ж рівні.

Таблиця 2 – **Питома вага відмов елементів трансмісії, %**

ЕЛЕМЕНТ	по Україні	АМКР – шлак
гідротрансформатор	6,30	11,11
гальмо-сповільнювач	19,20	14,58
масляна система	39,26	51,39
коробка передач	35,24	22,92

Як і загалом по Україні, карданні вали на кар'єрних автосамоскидах в умовах АМКР виходять з ладу по 9 причинам: 1 - Деформовані деталі карданного валу або втрачені балансувальні пластини; 2 - Зношені деталі карданних шарнірів; 3 - Зношене шліцьове з'єднання карданного валу; 4 - Порушена співвісність і паралельність осей ведучого валу гідромеханічної передачі і колінчастого валу двигуна більше припустимих значень; 5 - Ослаблені болти кріплення кришок карданного валу; 6 - Зруйновано голчасті підшипники, зношені деталі шліцьового з'єднання карданного валу; 7 - Ослаблено кріплення болтів карданного валу до фланців

гідромеханічної передачі або головної передачі ведучого моста; 8 - Зношені гумові втулки; 9 - Зношені деталі пружної муфти (див. рис. 2).

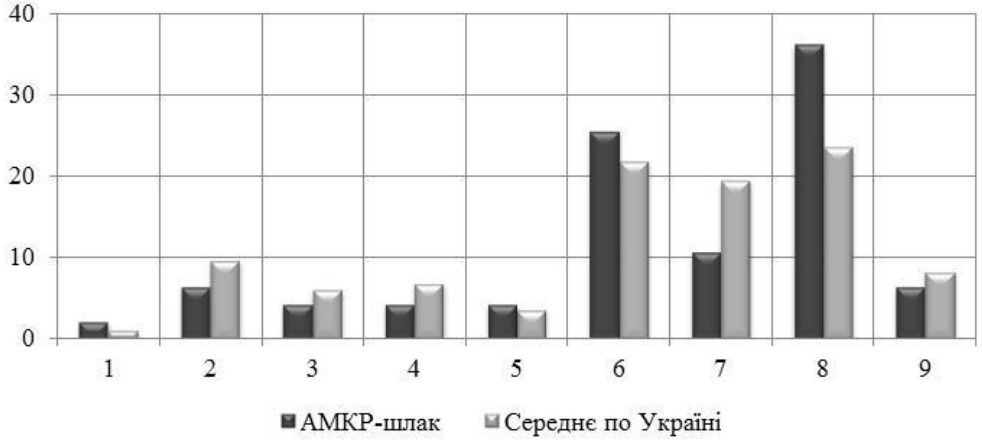


Рис. 2 – **Питома вага різних причин виходу з ладу карданних валів, 1, 2, 3, …9 – причини згідно переліку.**

Найчастіше з ладу на карданних валах виходять з ладу гумові втулки (практично третина всіх виходів з ладу) що може бути обумовлено, в першу чергу, нагріванням та відповідно руйнуванням від температур гуми. Друга за кількістю причин - руйнування голчастих підшипників та зношування деталі шліцьових з'єднань (четверта частина відмов) пояснюється витікання мастила з вузлів тертя і роботи вузла без мащення.

Основною причиною виходу з ладу заднього мосту самоскидів, що перевозять гарячі сталеплавильні шлаки (рис.3), є падіння рівня мастила нижче гранично допустимого, на долю якої припадає третина всіх відмов, у той же час при експлуатації самоскидів в середніх умовах на цю причину приходиться лише п'ята частина відмов мостів. В той же час, цілком логічним є зростання питомої ваги зносу або пошкодження шестерень за відсутності масла в парі тертя. До непрацездатного стану заднього мосту також призводить зміщення плями контакту в головній передачі у бік широкої чи вузької частини зубів веденої шестірні, що обумовлюють підвищений шум при русі самоскида (перші дві причини виходу з ладу заднього мосту рис.3), питома вага цих причин при різних умовах експлуатації відрізняється практично в два рази, але ця різниця обумовлена не фізичними причинами, а зростанням питомої ваги інших причин виходу з ладу заднього мосту, пропорція між першою та другою причинами залишається такою ж самою.

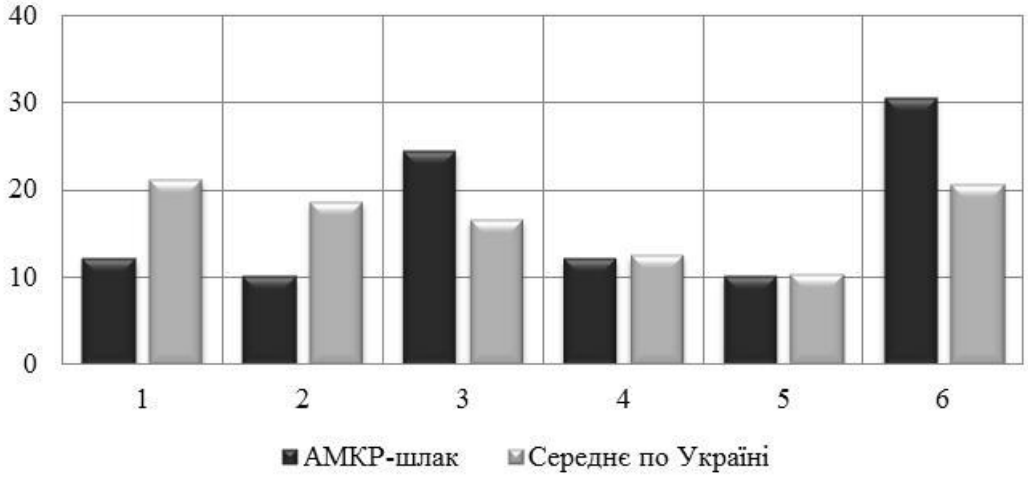


Рис. 3 – **Питома вага різних причин виходу з ладу заднього мосту, 1 - Пляма контакту в головній передачі зміщена у бік широкої частини зубів веденої шестірні; 2 - Пляма контакту в головній передачі зміщена у бік вузької частини зубів веденої шестірні; 3 - Знос або пошкодження шестерень головної передачі; 4 - Ослаблені кріплення ведучої шестерні головної передачі; 5 - Зазори в підшипниках ведучої шестірні і**

диференціала більше допустимих; 6 - Рівень масла в головній передачі нижче гранично допустимого.

Висновки. Виконані дослідження по подальшому розвитку наукових знань з числових показників надійності роботи агрегатів трансмісії кар'єрних автосамоскидів, що працюють при перевезенні гарячих сталеплавильних шлаків, довели необхідність враховувати в методиці корегування нормативів на виконання технічних обслуговувань та ремонтів машин температурних показники вантажів, що перевозяться. Також підтверджується теза про необхідність використання більш густіших мастил при перевезені гарячих вантажів.

Перелік посилань:

1. Пархомчик П. А. Техника БЕЛАЗ для горнодобывающих предприятий Украины/ П. А. Пархомчик, И. В. Бондарь, Ю. А. Монастырский // Горная промышленность. М. – 2011. – Специальный выпуск. – С. 84-87.

2. Монастырский Ю. А. Статистический анализ показателей работы карьерных автосамосвалов, как ресурс повышения эффективности их эксплуатации / Ю. А. Монастырский, А. В. Веснин, И. А. Таран // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2010. – № 11-12. – С. 66-70.

3. Монастирський Ю.А. Визначення надійності роботи агрегатів гідромеханічних трансмісій кар'єрних самоскидів / Монастирський Ю.А., Гальченко А.В. // Вісник СевНТУ. – 2013. – Вип. 142. – С. 57-60. (Серія: Машиноприладобудування та транспорт).

4. Монастирський Ю.А. Статистичний аналіз причин виходів з ладу гідромеханічних трансмісій кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 30-45 т / Монастирський Ю.А., Гальченко А.В. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. — 2013. – № 30 (1003). – С. 95-99. (Серія: Автомобіле- та тракторобудування).

5. Исследование температурного режима эксплуатации большегрузных автосамосвалов БелАЗ–7540 на технологических перевозках высокотемпературных сталеплавильных шлаков / В.Э. Парунакян, М.В. Помазков, В.В. Ступак, Ю.В. Артамонова // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. пр. /ПГТУ. – Маріуполь, 2006. – Вип. 9. – С. 110–117.

6. Парунакян В.Э. Оценка влияния основных технико-эксплуатационных показателей на срок службы большегрузных автосамосвалов БелАЗ-7540 / В.Э. Парунакян, Ю.В. Артамонова // Вісник Приазовського державного технічного університету: збірник наукових праць. – Маріуполь, 2007. – Вип. 17. – С. 189–192.

Стаття надійшла в редакцію 20.04.2016

© Ю.А. Монастирський, І.В. Бондарь, А.С. Вівчарик, А.В. Гальченко

УДК 65.012.34

А.В. Новицкий, И.А. Таран, М.Н. Трубицин
Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЙ МЕТОДАМИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ

Приведены результаты разработки алгоритма решения задачи определения параметров системы управления запасами при наличии произвольного количества ограничений на размер партии. Предложена методика выбора нужного экстремального решения на основе минимизации разницы величин глобального и локального экстремумов.

Ключевые слова: *управление запасами, минимизация затрат, размер партии.*

О.В. Новицький, І.О. Таран, М.М. Трубицин
Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ПРИ НАЯВНОСТІ ОБМЕЖЕНЬ МЕТОДАМИ АНАЛІТИЧНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Наведено результати розробки алгоритму розвязання задачі визначення параметрів системи управління запасами при наявності довільної кількості обмежень на розмір партії товару. Запропонована методика ввибору потрібного екстремального розв'язання на основі мінімізації різниці величин глобального та локальних екстремумів.

Ключові слова: *управління запасами, мінімізація витрат, розмір партії.*

A. Novytski, I. Taran, M. Trubytsyn
State Higher Educational Institution "National Mining University"

SOLVING THE PROBLEM OF INVENTORY MANAGEMENT IN THE PRESENCE OF RESTRICTION METHODS OF ANALYTICAL GEOMETRY.

The results of solution algorithm development problem of determining the parameters of inventory control in the presence of any number of restrictions on the size of the consignment. The method of selecting the desired extreme solutions by minimizing the difference values of global and local extremes.

Keywords: *inventory management, cost minimization, once the party action.*

Постановка проблемы. Управление запасами подразумевает, в первую очередь, определение размеров теоретической величины запасов для последующего прогнозирования, мониторинга и нахождения рационального состояния параметров логистических систем и их компонент. Учитывая многократное и специфическое влияние объемов запасов на формирование конечной стоимости каждого вида товара определение рациональных величин запасов является, безусловно, **актуальной задачей**. Разнообразие накладываемых ограничений на область определения целевой функции (ООЦФ) в пространстве рассматриваемых объемов товаров $q_1,q_2 \ldots q_n$ (n- размерность пространства или количество видов товаров) может привести к сложному математическому описанию (многосвязность, не выпуклость и др.) этой области. К тому же, задача сильно усложняется при больших значениях n и тогда, для получения решения вынужденно применяются различные итерационные методы (например, метод неопределенных множителей Лагранжа) [1]. Обоснование шагов этих итерационных методов базируется на известных принципах аналитической геометрии, что хорошо демонстрируется и проверяется при n=2, с дальнейшим распространением апробированного алгоритма шага на произвольное n.

Для надежной работы такого алгоритма к нему предъявляются следующие требования: наибольшая простота; наглядность; однозначность получаемого решения; отсутствие итераций разветвлений. В связи с выше изложенным, **целью** настоящей работы является разработка не итерационного, линейного, однозначного алгоритма определения двух типов запасов при одном линейном ограничении на ООЦФ. При этом **идея работы** основывается на применении методов аналитической геометрии с последующим перебором найденных экстремумов.

Постановка задачи: найти оптимальное управление двумя видами запасов (n=2) минимизировав затраты (хранения с учетом партионности) на основании линейного ограничения на их объемы. Аналитическая запись задачи

$$Q = \frac{\lambda_1 Cs_1}{q_1} + \frac{P_1 C_1}{2} q_1 + \frac{\lambda_2 Cs_2}{q_2} + \frac{P_2 C_2}{2} q_2 = \sum_{i=1,2} \left(\frac{a_i}{q_i} + b_i q_i \right) \to \min ,$$

© А.В. Новицкий, И.А. Таран, М.Н. Трубицин

$$w_1 q_1 + w_2 q_2 \le 2V \quad \Rightarrow \quad \frac{q_1}{2Vw_1^{-1}} + \frac{q_2}{2Vw_2^{-1}} \le 1,$$

где $\boldsymbol{V}$=14000 м^3 – объем склада. Расшифровка и значения остальных параметров рассматриваемого в работе примера приведены в табл. 1, где также даны величина $\boldsymbol{Q^*}$ и координаты $\boldsymbol{q^*_{1,2}}$ глобального экстремума (минимума), определенного по формуле Уилсона [2].

Таблица 1

Описание и значения исходных величин рассматриваемого примера

Вид товара i	Спрос на товар, ед.тов. λ_i	Затраты на одну партию товара, грн., Cs_i	Стоимость единицы товара, грн., C_i	Издержки хранения в долях стоимости товара, P_i	Объем склада, занимаемый единицей товара, м^3, w_i	Оптимальный размер каждой партии товара, ед.тов., $q_i^* = \sqrt{\frac{2\lambda_i Cs_i}{P_i\ C_i}}$.
1	200	100	12	0,005	5	816,497
2	400	25	7		35	755,929
Оптимальное (*min*) значение целевой функции, грн., $Q^* = \sum_{i=1,2} \sqrt{2P_i C_i \lambda_i Cs_i}$ = 75,447						

В нашем случае $w_1 \cdot q_1^* + w_2 \cdot q_2^* = 30540 > 2 \cdot 14000$, т.е. точка глобального минимума лежит вне ООЦФ, поэтому введем последовательные обозначения

$$\begin{bmatrix} a_i \\ b_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_i Cs_i \\ 0{,}5 \cdot P_i C_i \end{bmatrix}, \qquad \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = 2V \cdot \begin{bmatrix} w_1^{-1} \\ w_2^{-1} \end{bmatrix}, \qquad \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

и получим математическую постановку задачи с плоской ООЦФ в традиционных обозначениях. Первый вариант получения разрешающего уравнения; из системы:

$$\begin{cases} Q = \dfrac{a_1}{x} + xb_1 + \dfrac{a_2}{y} + yb_2 \to \min \\ y \le B\left(1 - \dfrac{x}{A}\right) \end{cases}, \quad x, y \ge 0\,. \qquad . \qquad (1)$$

Рассмотрев предельный случай $y = B \cdot (1 - x \cdot A^{-1})$ и исключив ординату $\boldsymbol{y}$ из уравнения (1) получим кубическое уравнение для определения абсцисс общих точек (точек пересечения)

$$\frac{1}{A}\left(\frac{b_2 B}{A} - b_1\right)x^3 + \frac{1}{A}\left(b_1 A - 2b_2 B + Q\right)x^2 + \left(\frac{a_2}{B} + b_2 B - \frac{a_1}{A} - Q\right)x + a_1 = 0 \qquad (2)$$

Для определения возможного расположения трех потенциальных точек пересечения оценим графическими средствами MathCad вид поверхности ЦФ, рис. 1.

© А.В. Новицкий, И.А. Таран, М.Н. Трубицин

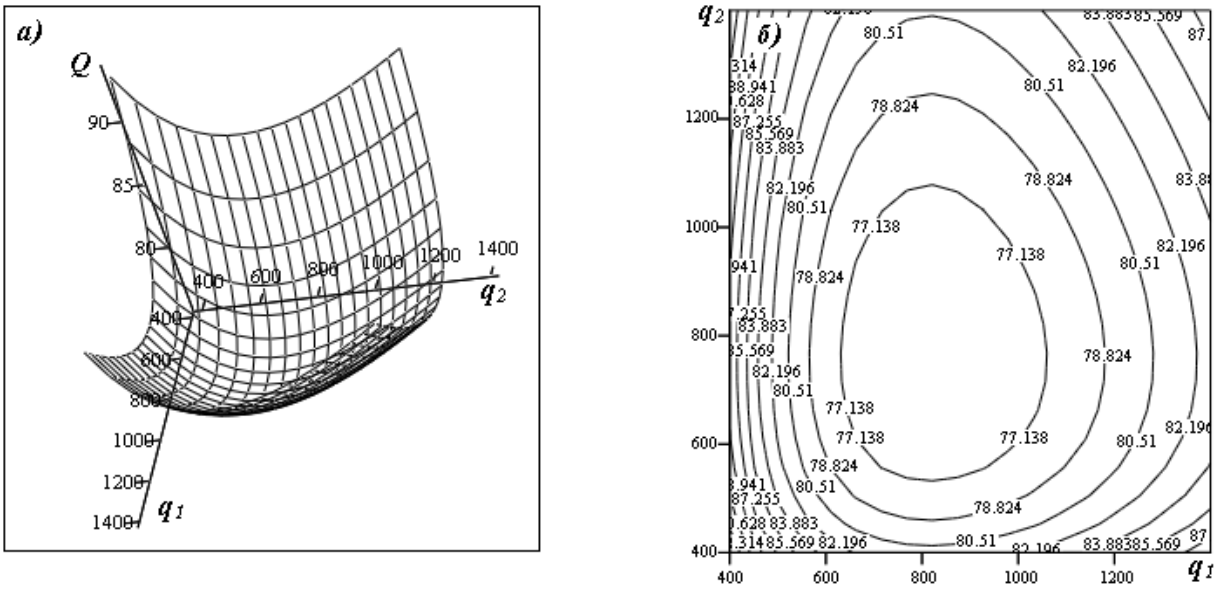


Рис. 1 – **Варианты изображения поверхности ЦФ затрат рассматриваемого примера:**
а) трехмерное изображение поверхности;
б) линии уровня *Q* поверхности

Как видно из последнего рисунка, пересечение граничной прямой $y=B\cdot(1-x\cdot A^{-1})$ с замкнутой выпуклой линией уровня Q возможно в дух точках первого квадранта ($x,y\geq 0$) и одной точкой других квадрантов. Последняя точка в силу положительности искомых решений нас не интересует. Кубическое уравнение (2) будет иметь три действительных корня. В случае касания граничной прямой линии уровня Q два корня из указанной тройки должны совпасть. Последовательно преобразовав (2) к каноническому и приведенному виду

$$\alpha x^3+\beta x^2+\gamma x+\delta = 0 = x^3+\beta\alpha^{-1}x^2+\gamma\alpha^{-1}x+\delta\alpha^{-1} = x^3+r\cdot x^2+s\cdot x+ t = Y^3+pY+q = 0,$$

где: $\alpha=b_2B\,A^{-1}+b_1;\quad \beta=Ab_1-2Bb_2+Q;\quad \gamma=ABb_2+AB^{-1}a_2-a_1-QA;\quad \delta=a_1A;$
$r=\beta/\alpha;\ s=\gamma/\alpha;\ t=\delta/\alpha;\quad Y=x+r/3;\quad p=(3s-r^2)/3;\ q=2r^3/27-rs/3+t,$

и используя затем условие кратности корней - нулевой дискриминант уравнения

$$D=(p/3)^3+(q/2)^2=0\ ,$$

получим, в силу линейности функций $p(Q)$ и $q(Q)$, новое кубическое уравнение для нахождения трех значений Q. Выбор нужного действительного корня нового уравнения осуществляется: во-первых - по знаку; во-вторых – по минимальному удалению от точки Q^*.

Рассмотрим второй вариант разрешающего уравнения алгоритма. Общее уравнение касательной к линии уровня Q, в точке $(x_k; y_k)$ как к кривой, заданной неявной функцией

$$F(x,y)=a_1y+b_1x^2y+a_2x+b_2xy^2-Qxy=0$$

имеет вид $\left(\left.\frac{\partial F}{\partial y}\right|_k\right)(y-y_k)=-\left(\left.\frac{\partial F}{\partial x}\right|_k\right)(x-x_k)$, что совместно с предельным положением линейного ограничения дает ту же систему уравнений (1) и разрешающее уравнение (2). Таким образом, второй вариант определения положения координат точки касания $(x_k; y_k)$ полностью совпадает с первым, и сложность разрабатываемого алгоритма сравнима с сложностью решения кубического уравнения и выбора нужного корня. Графическое решение рассматриваемого примера показано на рис.2.

© А.В. Новицкий, И.А. Таран, М.Н. Трубицин

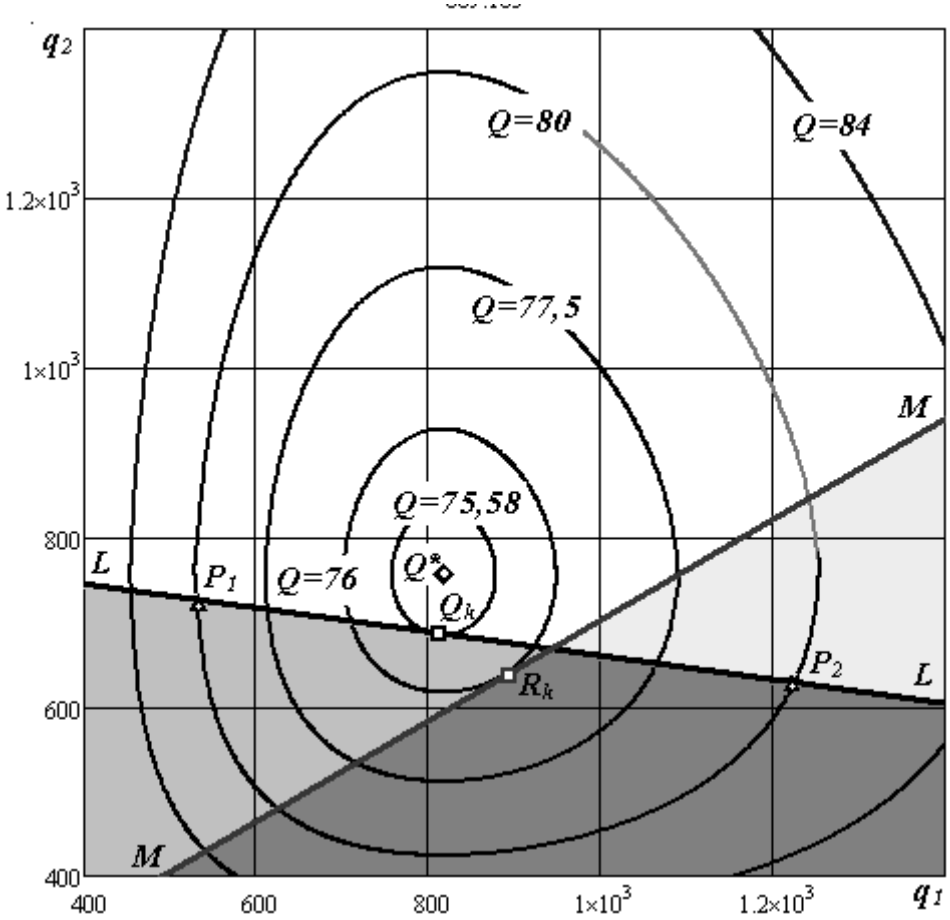


Рис. 2 – **Графическое решение рассматриваемого примера (табл.1). *LL,MM* – граничные прямые; *Q* – линии уровня; $P_{1,2}$ – точки пересечения: Q_k, R_k – искомые точки касания; Q^* - точка глобального экстремума.**

С целью повышения надежности разрабатываемого алгоритма изменим последовательность нахождения неизвестных величин с $Q_k \to x_k \to y_k$ на $x_k \to y_k \to Q_k$, т.е. рассмотрим третий вариант составления алгоритма решаемой задачи. Для чего из дважды полученного кубического уравнения (2) выделим функцию уровня через абсциссу точки касания

$$Q(x)=\left[\left(\frac{b_2B}{A^2}-\frac{b_1}{A}\right)x^3+\left(b_1-\frac{2b_2B}{A}\right)x^2+\left(\frac{a_2}{B}+b_2B-\frac{a_1}{A}\right)x+a_1\right]\cdot\left[x\left(1-\frac{x}{A}\right)\right]^{-1} \quad (3)$$

Из условия задачи и геометрических соображений следует, что $Q(x_k)=min$, и следовательно, $dQ(x)/dx=0$. Выполнив соответствующие преобразования, получим уравнение уже четвертой степени для определения x_k

$$\frac{1}{A}\left(b_1-\frac{Bb_2}{A}\right)x^4-2\left(b_1-\frac{Bb_2}{A}\right)x^3+\left(Ab_1-Bb_2+\frac{a_2}{B}-\frac{a_1}{A}\right)x^2+2a_1x-Aa_1=0\,. \quad (4)$$

Анализ корней кубической резольвенты приведенного уравнения позволяет заключить, что в рассматриваемом случае (4) имеет пару комплексно сопряженных $(5{,}609\pm1{,}61\cdot i)\cdot10^3$ и пару действительных корней, их нахождение графическим способом показано на рис.3.

© А.В. Новицкий, И.А. Таран, М.Н. Трубицин

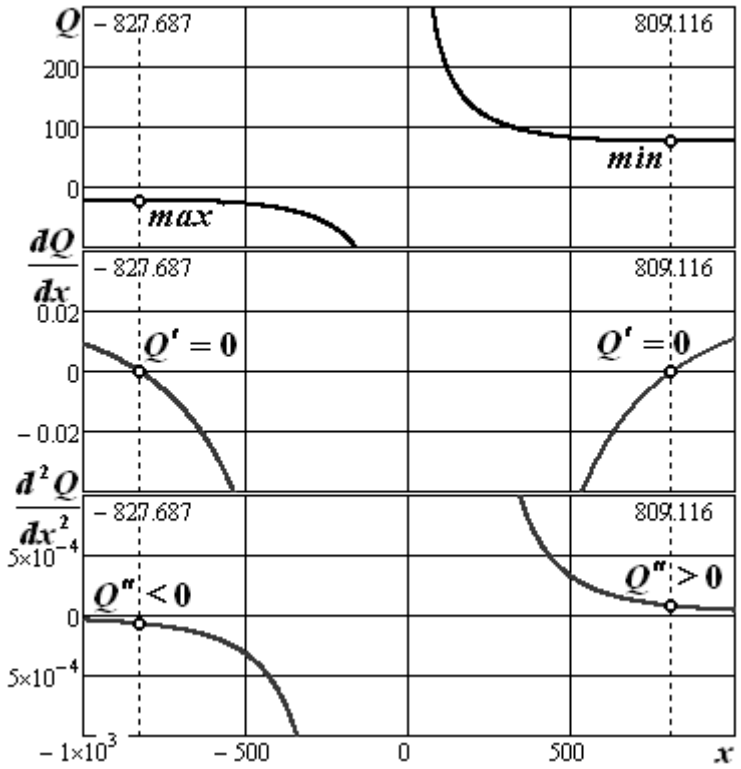


Рис. 3 – **Графическое решение и выбор подходящего корня x_k=*809,116* уравнения (4)**

После определения $x_k=q_1^*$ последовательно находим: $y_k=q_2^*=B\cdot(1-x_k\cdot A^{-1})=$ *684,412* и Q_k=*75,58*. Поставленная задача решена, алгоритм работает надежно не смотря на большой разброс (~10 порядков) коэффициентов уравнений, что можно считать вполне удовлетворительным результатом исследований. В случае наложения нескольких линейных ограничений, рис.2, ООЦФ остается выпуклой и тогда необходимо проверить не являются ли одновременно обе граничные прямые *LL* и *MM* касательными к одной линии уровня Q_k. Если нет, то точка пересечения (как общая точка) этих линий будет искомым решением.

Выводы

1. Разработан и проверен линейный, не итерационный, надежный оптимизационный алгоритм решения задачи управления запасами при ограничениях на объем склада.
2. Алгоритм легко адаптируется для ***n***-мерного пространства (***n*** типов товаров) и единообразно работает с любым количеством накладываемых линейных ограничений.
3. Предложена методика выбора нужного экстремального решения на основе минимизации разницы величин глобального экстремума $\boldsymbol{Q^*}$ и найденных локальных $\boldsymbol{Q_k}$.
4. Показана полная идентичность первых двух вариантов вывода разрешающего кубического уравнения и рациональный путь проведения решения за счет незначительного усложнения алгоритма – решения уравнения четвертой степени вместо кубического.

Литература

1. Хедли Дж. Анализ систем управления запасами / Дж. Хедли, Т. Уайтин. – М.: Наука, 1964. – 512 с.
2. Лукинский В.С. Управление запасами: аналитическое решение многопродуктовых задач / В.С. Лукинский. М.: Финаисы и статистика, 2005. – 222 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

© А.В. Новицкий, И.А. Таран, М.Н. Трубицин

УДК 629.113

М.С. Оліскевич
Національний університет "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛЯ НА ПРЯМОЛІНІЙНІЙ ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ НЕПЕРЕСІЧЕНІЙ ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ

Розглядається циклічний прямолінійний рух автомобілів. Побудовано модель оптимального керування транспортним засобом в таких умовах. Використано принцип максимуму Понтрягіна, для якого обґрунтовано доцільність і записано функціонал на основі рівняння руху автомобіля, як матеріальної точки із зосередженою масою. Сформульована задача із одним вільним правим кінцем фазової траєкторії, яка не має стійких розв'язків. Для її розв'язання використано числовий метод, тобто складено кінцево-різницеве рівняння. Оптимальну функцію керування із перемиканням рушійної сили знайдено із застосуванням методу математичного програмування. Оптимальний закон керування демонструє, що найкраще значення функціоналу − критерію енергоощадності − досягається при імпульсному керуванні рухомим об'єктом. Справедливість такої теоретичної моделі перевірено експериментально, при порівнянні різних за максимальною і середньою швидкістю, але однакових за довжиною ділянки руху циклів. Під час експериментальних досліджень вимірювались доступні параметри руху, а також часова і шляхова витрата палива, значення якої опосередковано підтверджують теоретичні висновки.

***Ключові слова**: цикл руху, енергоощадність, швидкість, оптимальне керування, коливний рух.*

М.С. Оліскевич
Национальный университет «Львивська политехника»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛЯ НА ПРЯМОЛІНІЙНІЙ ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ НЕПЕРЕСІЧЕНІЙ ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ

Стаття присвячена загальній проблемі використання автомобілів при виконанні перевезень за критерієм мінімальних часових затримок. При цьому ставиться умова мінімальних витрат енергетичних ресурсів. У такому формулюванні задача є оптимізаційною. Розглядається частина невирішеної раніше проблеми: дослідження можливості зниження витрати палива за циклічного нерівномірного прямолінійного руху автомобіля. Побудовано модель оптимального керування транспортним засобом в таких умовах. Застосовано функціонал, що представляє роботу усіх активних сил за заданий відрізок часу. Використано принцип максимуму Понтрягіна, функцію Гамільтона якого записано на основі рівняння руху автомобіля, як матеріальної точки із зосередженою масою. Модель у такому вигляді має концептуальне значення. Сформульована задача із одним вільним правим кінцем фазової траєкторії. В математичній теорії оптимального керування ця задача не має стійких розв'язків. Для її розв'язання використано числовий метод, тобто складено кінцево-різницеві рівняння. Оптимальну функцію керування із перемиканням рушійної сили знайдено при застосуванні методів математичного програмування. Оптимальний закон руху демонструє, що найкраще значення функціоналу − критерію енергоощадності − досягається при імпульсному керуванні рухомим об'єктом. Справедливість такої теоретичної моделі перевірено експериментально. Для цього виконувались дорожні випробування легковим автомобілем Деу Сенс на горизонтальній прямолінійній заміській дорозі. Було сплановано і виконано декілька експериментальних заїздів однакової довжини, які відрізнялись структурою режимів руху. Здійснювалось вимірювання таких параметрів як шляхова і годинна витрата палива, пробіг, час руху, миттєва швидкість, частота обертання колінвала двигуна, ступінь завантаження двигуна (відкриття дросельної заслінки). Для вимірювання основних параметрів використовувався пристрій і відповідне програмне забезпечення Сканматік-1, а такж GPS навігатор й інші прилади. Після оцифрування результатів зроблено порівняння різних за максимальною і середньою швидкістю, але однакових за довжиною ділянки руху циклів. У тому числі проводився цикл з рівномірним рухом автомобіля на такому ж відрізку дороги. Виміряні значення шляхової витрати палива, як з'ясовано з експериментів, опосередковано підтверджують теоретичні висновки стосовно оптимальності режиму руху розгін - вільне кочення.

***Ключові слова:** цикл руху, енергоощадність, швидкість, оптимальне керування, коливний рух.*

M. Oliskevych
National University "L'vivska Politechnika"

RESEARCH CYCLICAL MODES OF THE VEHICLE ON A STRAIGHT HORIZONTAL CROSS SECTION OF THE ROAD

The article is devoted to the general problem of car use at carrying out transportation under the criterion of minimum time delay. This condition of minimal energy resources is enabled. The problem is an optimization in this formulation. The part of unsolved problems was considered in this case, such as a study of the possibility of reducing the fuel consumption by cyclic uneven straight driving of a car. The model of optimal driving of such conditions is constructed. The functional representing the work of all active forces for a given period of time is applied. Pontryagin maximum principle was used, which reordered Hamilton function is based on the equations of motion of the vehicle as a material point of concentrated mass. The model in this form acquire conceptual meaning. The task with free right end of one phase trajectory is formulated. This task has not sustainable solutions. in mathematical optimal control theory. The numerical method was used to get a proper solution of these equation which is composed with finite-difference equations. The optimal control function of switching the driving force was found with an application of mathematical programming. Optimal control state shows that the

© М.С. Оліскевич

best functionality value as criteria of energy saving was achieved under pulsed driving of a driving subject. The validity of this theoretical model has been tested experimentally. Road test have been carrying out for this aim using Daewoo Sens car at horizontal straight suburban road. It was planned and executed several experimental rounds of equal length which differed with structure modes of motion. There were measured such parameters as fuel consumption per road and per hour, mileage, driving time, instantaneous speed, the rotation frequency of crankshaft of engine, engine loading degree (throttle opening). To measure the main parameters there were used a devices and software as SKANMATIK-1 as well as GPS navigation and other tools. The comparing driving cycles of different maximum and average speeds but the same length were provided after results digitizing. A series of steady driving vehicle cycles were conducted on the same stretch of road too. Measured values of car fuel consumption indirectly confirm theoretical conclusions below regarding optimality driving mode acceleration-free rolling as revealed from experiments.

Keywords: *driving cycle, energy profitability, speed, optimal control, oscillating movement.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Організацію руху автомобільних транспортних засобів здійснюють за різними критеріями: мінімальна тривалість, максимальний комфорт водіїв, безпека [1]. Через це розподіл швидкостей руху на дорогах, зокрема магістрального сполучення, набуває закономірної різноманітності [2]. Найчастіше користуються критерієм максимальної швидкодії транспортних операцій. Однак, більшість транспортних засобів виконують завдання виробників і споживачів транспортних послуг і мають свої усталені режими роботи. Транспортний процес, будучи циклічним за змістом, не завжди "вписується" в ці режими, що приводить до затримок основного виробництва і споживання товарів та послуг. У зв'язку з цим усе частіше сучасні транспортно-технологічні системи будують за критерієм точного і вчасного виконання операцій, що передбачає також відсутність затримок у розкладі руху [13]. В більшості випадків автомобілям задають моменти початку і завершення руху з допустимими відхиленнями [3]. При цьому накладається обмеження стосовно мінімальних витрат палива. Це, фактично, означає, що водії транспортних засобів повинні оперативно слідкувати за дотриманням розкладу руху, забезпечуючи при цьому найбільш енергетично ощадні режими. Враховуючи, що це − додаткове навантаження на них, необхідний рівень безпечних умов керування, такі завдання виявляються нездійсненними без застосування автоматичних систем керування автомобілями. Для їх успішного застосування необхідно мати відповідні моделі.

Рух автомобілів вздовж горизонтальної прямолінійної ділянки маршруту за заданим графіком (заданою середньою технічною швидкістю руху) далеко не завжди супроводжується мінімальними витратами енергії, бо це, переважно, обумовлено роботою двигуна внутрішнього згорання на часткових нераціональних режимах − з одного боку, а також через вплив транспортного потоку − з іншого [4]. Якщо ощадні режими роботи двигуна не можна забезпечити на усьому маршруті, то їх, принаймні, можна використати частково, плануючи багаторазове циклічне навантаження зі структурою: розгін − номінальний режим − вільне кочення. Проблемою успішності такого використання є недосконаліть моделей забезпечення керування транспортним засобом; відсутність достовірної інформації про наявність ефекту заощадження в таких циклах; відсутність технічних засобів для збору необхідної початкової інформації для реалізації циклічного керування.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розкрити можливості реалізації циклічного енергоощадного режиму керування транспортним засобом при дотриманні графіка руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням вибору ощадних режимів руху автомобіля при відомих транспортних і дорожніх умовах були присвячені дослідження вчених ХАДІ ще в 80-90-х роках минулого століття. Ними було теоретично і експериментально обґрунтовано, що застосування коливних режимів „розгін-вільне кочення" (імпульсного руху) є недоцільним з багатьох позицій, у першу чергу − паливної ощадності [5]. Таких висновків вчені дійшли на основі експлуатації транспортних засобів із низькими характеристиками динамічності, а також без можливості прогнозування дорожнього опору та інтенсивності потоку. Крім того, автори керувались головним критерієм організації руху − максимальною середньою технічною швидкістю, замість переміщення „саме вчасно". Висувались додаткові аргументи всупереч нерівномірності навантаження транспортного засобу на прямолінійних ділянках: при цьому виникають додаткові динамічні навантаження, які приводять до підвищення інтенсивності зношення деталей силових агрегатів. Однак підтверджень таким запереченням немає.

Оптимальні за енергоощадністю цикли досліджувались у роботі [6]. Вони побудовані на основі декількох сприятливих умов застосування так званого імпульсного керування автомобілем, головні з яких є: відсутність потреби великих крутних моментів, стопові режими роботи двигуна, недопустимість гальмування двигуном та інші. Перша умова приводила, практично до

© М.С. Оліскевич

суперечності. З одного боку дослідник акцентує на перевагах екстремальних процесів розгону і гальмування в транспортному циклі. З іншого боку − такі цикли унеможливлюють імпульсний рух при невеликих за довжиною циклових переміщеннях, або ж при змінному профілі дороги, або змінних дорожніх умовах. Нажаль, такі теоретичні дослідження поки що не знайшли експериментального підтвердження, особливо на автомобільній техніці сучасного рівня.

Натомість, у працях недавнього періоду встановлено, що легкові автомобілі характеризуються деякими граничними характеристиками, які обмежують ефективне перетворення ними енергії при нерівномірному русі [7]. Досліджено також, що в нерівномірному русі об'єктів не враховується ресурс збереження енергії шляхом використанням її запасів, створених не з допомогою штучних засобів (маховиків, акумуляторів), а природно − розгоном до вищої швидкості [8]. Для рівномірного руху об'єкта також витрачається енергія на стабілізацію його швидкості, яка у відносній системі координат знижується через опір рухові [9]. Таким чином, якщо рівнодійна сил зовнішнього опору руху є сталою за напрямом і модулем, то нагромаджена на стадії розгону кінетична енергія витрачається під час наступної стадії вільного кочення для подолання цього опору. Далі цикл руху повторюється. Таким чином, у будь-якому неідеалізованому випадку виникає коливний рух, який можна поставити в один ряд за аналогією з енергією, що передається змінним струмом, який, як відомо, при певних обставинах є ощаднішим, ніж постійний. Деякі дослідники навіть практично втілили такі мехатронні системи, які з використанням вказаних переваг нерівномірного руху стають енергетично досконалішими [10].

Для розроблення моделі оптимального керування транспортним засобом при відомих, або частково відомих обмеженнях на його фазову траєкторію (залежність швидкості від переміщення) використовують методи дискретної оптимізації, зокрема найбільш придатним для даної мети є принцип оптимальності Понтрягіна [11]. Однак, в умовах, коли кінці фазової траєкторії є незакріпленими, або частково закріпленими, то розв'язок диференціальних рівнянь, що походять з даного принципу, може бути нестійким. Тому така модель може бути тільки концептуальною, а її уточнення потрібно виконувати емпіричним шляхом через експерименти.

Формулювання задачі. Для розроблення концепції циклічного руху сформульована така теоретична задача. На горизонтальній прямолінійній дорозі маршруту (наприклад, автомагістралі) автомобіль можна з достатньою точністю розглядати як матеріальну точку, рівняння руху якого:

$$m\ddot{x} = P_k(t) - P_o - P_w(\dot{x}), \tag{1}$$

де m − маса автомобіля, приведена до центру мас, кг; x− поточна координата автомобіля, м; $P_k(t)$ − керована рушійна сила на провідних колесах, Н; P_o − сила опору руху, пов'язана з деформацією рушіїв і дорожнього полотна (стала величина), Н; $P_w(\dot{x})$ − сила опору потоку повітря, Н.

Якщо дорожні умови з достатньою точністю визначені бортовою телеметричною системою автомобіля на деяку відстань S наперед, то рівняння (1) можна записати, використавши умовні величини, так:

$$\ddot{x} = u(t) - f_o - f_w\dot{x}^2, \tag{2}$$

де $u(t)$ − відносна величина, або ж рушійна сила, віднесена до одиниці повної маси автопоїзда; f_o, f_w − сталі величини, що відображають питомий на одиницю маси автомобіля відносний опір руху, який поділяють на, відповідно, залежний від профілю дороги, залежний від швидкості руху автопоїзда, залежний від потоку повітря.

Потрібно знайти оптимальну за критерієм мінімальних енергетичних витрат функцію $P_k(t)$ керування рухом автопоїзда. На відміну від відомих моделей, тут приймалось, що під час транспортного циклу енергія не розсіюється на вимушене зниження швидкості, тобто не витрачається на гальмування. Це зниження відбувається за рахунок втрат на опір руху. Тому вираз для критерію запишемо так:

$$E = \int_{t_o}^{T} P_k(t)\dot{x}dt \to \min, \tag{3}$$

де t_o, T − час початку і завершення циклу.

© М.С. Оліскевич

На міжміських сполученнях відстань з відомими дорожніми умовами S є значно меншою, ніж довжина маршруту автомобіля $S_м$, тому кінцевий час T циклу є невідомим, а інтеграл у виразі (3) має рухому праву межу. Маршрут можна поділити на ділянки так, щоб загальна програма руху на магістралі $u(x)$, $x=0\ldots S_m$, що складається з часткових оптимальних програм $u(x_j)$, $j=x_{j.0}\ldots S_j$, була також оптимальною. У цій задачі потрібно забезпечити такий розклад руху автомобіля, щоб при $x_0(t)=0$, $x_0(T)=S$, де $x=x_0 \ldots S_м$ − шлях; T − граничний час виконання маршруту довжиною $S_м$, прибути в кінцевий пункт з мінімальною витратою енергії. Нові змінні: $x_1(t)= x(t)$, $x_2(t)=\dot{x}(t)$. Функція мети:

$$E=\int_{t_o}^{T} u(t)x_2 dt \to \min, \tag{4}$$

а система спряжених рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{x}_2(t)=u(t)-f_o-f_w x_2^2 \\ x_2(t)=\dot{x}_1(t) \end{cases}, \tag{5}$$

Потрібно знайти фазову траєкторію $x_2=F(x_1(t))$, а також програму керування $u(t)$ з обмеженнями:

$x_1(t_0)=0$; $x_2(t_0)=V_0$ − лівий кінець фазової траєкторії є закріплений;

$x_1(T)\geq S$ − випливає з умов дотримання розкладу руху, тобто, якщо на будь-якій ділянці довжиною S граничний час її проходження не витримується, то розклад є недотриманий в цілому;

$x_2(t)\leq V_{\max}$ − обмеження максимальної швидкості з умов безпеки руху;

$u(t)\leq u_{\max}$ − обмеження за потужністю транспортного засобу.

Методика розв'язування. Розв'язок такої локальної задачі можна знайти методами варіаційного числення, зокрема, використовуючи принцип максимуму Понтрягіна при умові, що рівняння системи (5) − диференційовані по змінних x_1, x_2, а також, щоб відповідна функція Гамільтона досягала максимуму на інтервалі $[t_0;T]$. Раніше таку задачу було розв'язано для ділянки маршруту, де опір руху є сталим, а кінці фазової траєкторії − закріплені [12]. Принцип максимуму є достатнім при побудові фазової траєкторії, якщо обидва її кінці є закріплені. В цих дослідженнях правий кінець фазової траєкторії − рухомий. Крім того, система рівнянь (5) є нелінійною і може не мати стійких розв'язків. В зв'язку з цим було застосовано редукцію початкової задачі (4), (5) до кінцево-вимірної задачі математичного програмування:

$$\sum_{i=0}^{N-1} u^i (t_{i+1}-t_i) x_2^i \to \min, \tag{6}$$

де i − номер ділянки, на які була поділена відстань S; із системою спряжених рівнянь:

$$\begin{cases} \dfrac{x_2^{i+1}-x_2^i}{t_{i+1}-t_i}=u^i-f_o^i-f_w\left(x_2^i\right)^2 \\ \dfrac{x_2^{i+1}-x_2^i}{t_{i+1}-t_i}=x_2^{i+1} \end{cases}, \tag{7}$$

та обмеженнями:

$$x_2^0=V_o;\ x_1^0=0;\ x_2^i\leq V_{\max}, i=0,1,\ldots N;\ u^i\leq u_{\max};\ x_1^N\geq S, \tag{8}$$

звідки отримуємо:

$$x_2^{i+1}=\left(u^i-f_o^i-f_w\left(x_2^i\right)^2\right)(t_{i+1}-t_i)+x_2^i, \tag{9}$$

© М.С. Оліскевич

$$\text{та} \quad x_1^{i+1} = x_2^{i+1}\left(t_{i+1} - t_i\right) + x_1^i, \tag{10}$$

Змінними нової задачі математичного програмування є x_1^i, $i = 1,\ldots N$ та u^i, $i = 0,\ldots N-1$.

Застосувавши комп'ютерні засоби розв'язання задачі математичного нелінійного програмування (пакет Solver в електронних таблицях Excel), знайдено оптимальний закон керування для таких початкових умов: початкова / мінімальна швидкість циклу V_o − 14 м/с; коефіцієнт відносного опору кочення f_o − 0,0015; коефіцієнт відносного опору повітря f_w− 0,0008; максимальна дозволена швидкість V_{max}=25 м/с. Оптимальна фазова траєкторія показана на рис. 1.

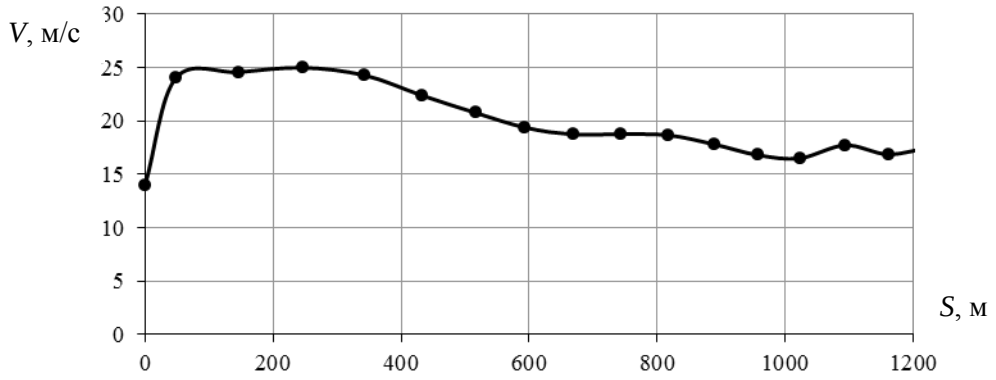


Рис. 1. **Оптимальна фазова траєкторія, отримана при розв'язанні моделі**

Відповідний цій траєкторії закон оптимального за енергоощадністю показано на рис.2.

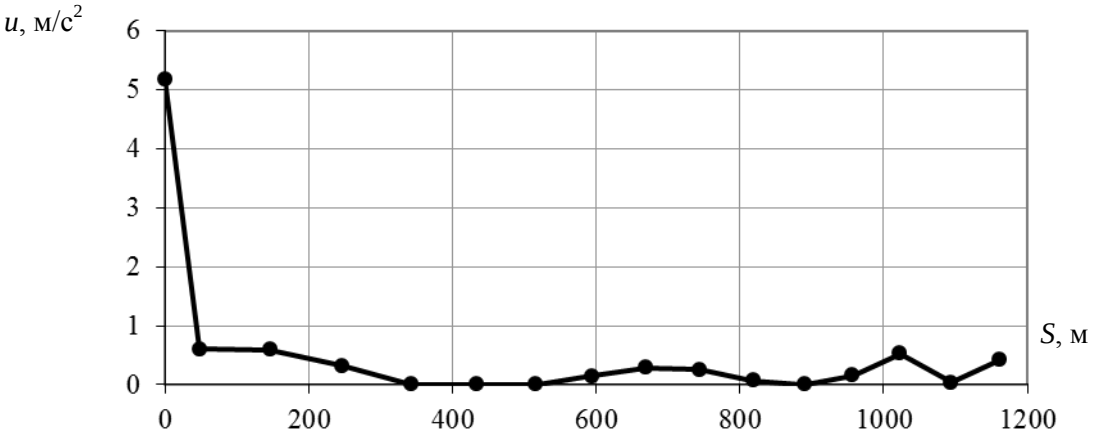


Рис. 2. **Оптимальний закон керування**

Як видно з рис. 1, 2, на прямолінійній горизонтальній ділянці дороги оптимальне керування − це імпульсний режим, тобто такий, при якому рушійна сила (привід силових агрегатів) автомобіля вмикається лише для досягнення номінального режиму, у даному випадку такого, при якому досягається максимальна дозволена швидкість. Після досягнення цього режиму привід вимикається і швидкість автомобіля знижується до мінімальної − 14 м/с. Зауважимо, що розгін автомобіля здійснюється при теоретично можливому максимальному значенні відносної рушійної сили u_{max}=5,2 м/с^2. Співвідношення тривалості розгону до тривалості циклу − 0,08. В реальних умовах таке можна реалізувати лише при певних динамічних характеристиках автомобіля. Ділянка вільного кочення до мінімальної швидкості − 1232 м. Тривалість такого оптимального циклу становить 62 с, тобто середня швидкість об'єкта − 19,87 м/с.

Для того, щоб перевірити таке твердження на основі концептуальної моделі (4), (5), було проведено експерименти. Експериментальні дослідження проводились на заміській дорозі М11 у Львівській області в напрямку Львів-Городок, з сухим рівним покриттям, в хорошому технічному стані. За параметрами вона − 2-го класу. Ділянка її, на якій проводились дослідження, проходить по горизонтальній місцевості, не має перетинів з іншими дорогами, піших переходів, зон з обмеженою видимістю, мостів, звужень. Дослідження проводились в час найменшої інтенсивності руху (неділя, 8^{00}-9^{00}), яка не досягала 5 автомобілів/год. Видимість шляху була доброю. Дослідження проводились на автомобілі ДЕУ Сенс, об'єм двигуна 1,4 л, 2007 р. в. із загальним пробігом 70 тис. км. Автомобіль був у справному стані. В салоні автомобіля перебували двоє осіб: водій і пасажир на передньому сидінні. Вимірювання тривалості циклів виконувалось з допомогою електронного секундоміра і контролювалось з допомогою відеореєстратора DOD GSE 550, яким також визначалась миттєва швидкість та пройдений шлях. Параметри роботи двигуна реєструвались в режимі реального часу з допомогою пристрою Сканматік-1, підключеного через діагностичний роз'єм і адаптер DB25 до ПК, і відповідного програмного забезпечення. Записувалась зміна з часом: шляхової витрати палива, миттєвої швидкості автомобіля, частоти обертання к. в. Застосовувались такі режими руху: 1)розгін від початкової швидкості 50 км/год. до, відповідно, 70, 80 та 90 км/год. з мінімальним прискоренням (мінімальна допустима частота обертання к. в. при даній швидкості) на прямій передачі трансмісії; далі − вільне кочення з вимкненою передачею до досягнення початкової швидкості; 2)такі ж цикли розгін − вільне кочення, однак − з максимальним прискоренням (дросельна заслінка − максимально відкрита); 3) рівномірний рух з середньою швидкістю 75,7 км/год. (21,1 м/с), двигун працює в частковому режимі (дросельна заслінка відкрита неповністю). Кожен дослід повторено тричі в прямому і зворотному напрямку дороги. Приклад осцилограми, записаної приладом Сканматік, подано на рис. 3.

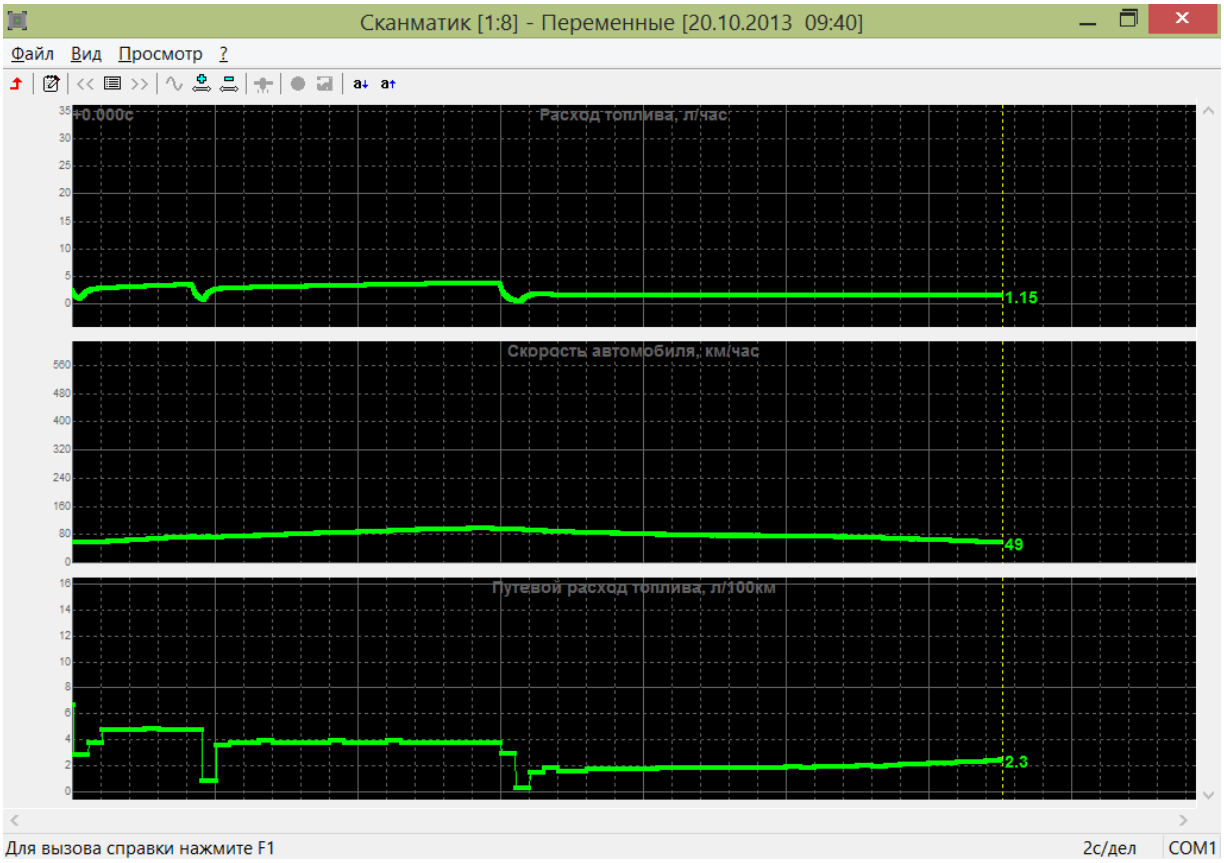


Рис. 3. **Приклад осцилограм Сканматік для циклу розгін 50 - 90 км/год. − вільне кочення**

Експерименти проводились при різній максимально досяжній швидкості, однак довжина переміщення автомобіля була сталою − 1200±60 м.

Дані записаних файлів осцилограм було оцифровано. Після цього проведено обробку табличних даних з допомогою електронних таблиць Excel, та виконано порівняння отриманих циклів з однорідними за середньою технічною швидкістю на заданій ділянці дороги. В результаті

було доведено, що найкраще практичні результати узгоджуються з моделюванням при умові максимально інтенсивного розгону до найбільшої можливої з максимальних швидкостей (70 км/год. − в даному випадку). Приклад експериментальних даних, при яких досягнуто максимального сподіваного ефекту з економії палива з розгоном 50-90 км/год., подано на рис. 4.

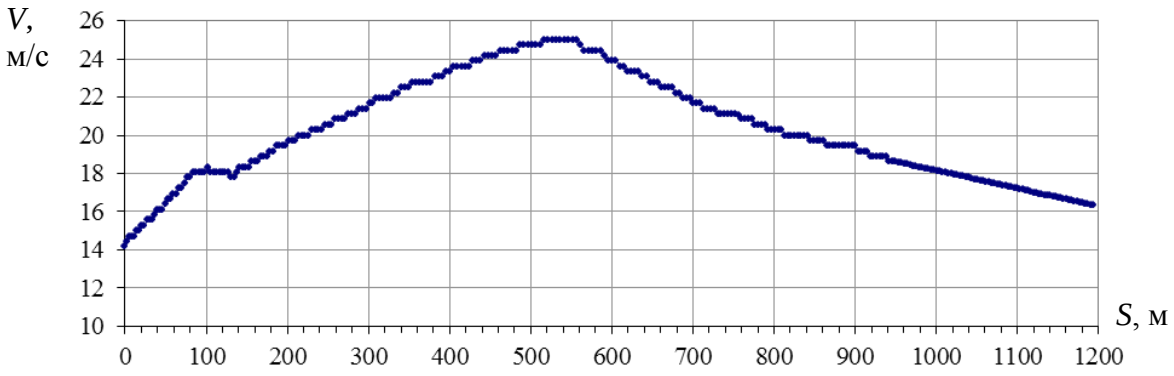


Рис. 4. **Експериментальна залежність швидкості автомобіля при коливному**

Шляхова витрата палива, виміряна приладом Сканматік-1 при цьому ж експерименті подана на рис.5.

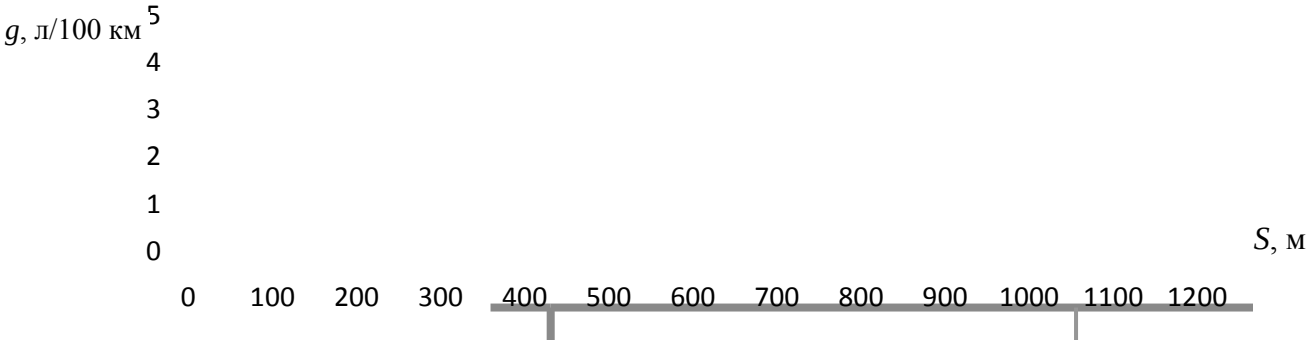


Рис. 5. **Шляхова витрата палива при коливному циклічному русі**

Шляхом інтегрування кривої на рис. 5, та інших залежностей встановлено такі результати експериментів (табл. 1).

Таблиця 1

Зведені експериментальні дані про цикли руху автомобіля

№ експерименту	Максимальна швидкість циклу, км/год.	Мінімальна швидкість циклу, км/год.	Пробіг за цикл, м	Тривалість циклу, с	Середня швидкість циклу, км/год.	Співвідношення тривалість розгону /тривалість циклу	Сумарна витрата палива, л
1	90	50	1193,3	59,8	71,7	0,31	0,0316
2	80	50	1210,0	65	60,6	0,37	0,0300
3	70	50	1109	56	71,0	0,42	0,0293
4	76	75,5	1183	56,2	75,75	0,0	0,0440

Як видно з таблиці, експерименти № 1, 2, 3 показують, що циклічний коливний рух автомобіля є ощаднішим, за витратою палива, ніж режим сталого руху, проте він поступається середньою швидкістю руху. Найбільша економія спостерігається в тих коливних режимах, де максимальна швидкість не значно перевищує швидкість вільного кочення. Однак, порівнюючи показник співвідношення тривалість розгону / тривалість циклу, можна побачити, що для найощаднішого режиму №3 він є найбільшим. Це означає, що велика інтенсивність розгону є негативним фактором у енергоощадності автомобіля, якщо брати до уваги відомий з практики факт [4].

Висновки. В результаті побудови теоретичної моделі оптимальної за енергоощадністю програми руху автомобіля по горизонтальній прямолінійній дорозі, при умові дотримання графіка руху, а також після верифікації моделі за низкою проведених експериментів встановлено, що цикл руху "розгін - вільне кочення" є більш ощадним, ніж рівномірний рух. Оптимальна програма руху вздовж горизонтальної, прямолінійної магістралі може складатися з множини таких циклів, від чого програма руху буде нерівномірною − коливною. Для того, щоб вибрати параметри цієї програми, потрібно виконати прогнозування очікуваних дорожніх умов. Згідно з моделлю (2) для цього достатньо обчислити відносні величини $u(t)$, f_o, f_w, які стосуються руху інших автомобілів по тій самій дорозі з незначним випередженням часу. Це спрощує реалізацію системи автоматизованого керування дорожнім рухом, оскільки позбавляє необхідності вимірювати фізичні величини, такі як абсолютні коефіцієнти дорожнього опору, вітрового опору, крутний момент на ведучих колесах, які на даний час не мають належного метрологічного забезпечення. Для реалізації режимів потрібно вимірювання прискорень та крутних моментів на провідних колесах.

Подальші експерименти мають стосуватись інших дорожніх і транспортних умов, а також видозмін транспортних циклів. Також проведені і описані у цій статті дослідження дають змогу розвивати теорію оптимізації транспортних систем за критерієм мінімуму часових затримок доставки вантажів, або пасажирів.

Література

1. Давідіч Ю. О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345 с.

2. Процишин О. С. Дослідження миттєвих швидкостей руху у транспортному потоці / О. С. Процишин // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 45. - С. 448-452. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_45_72.

3. Беленький А. С. Применение моделей и методов теории расписаний в задачах оптимального планирования на грузовом транспорте / А. С. Беленький, Е. В. Левнер // Автоматика и телемеханика. − 1989. − №1. − С. 3-77.

4. Котиков Ю. Г. Транспортная энергетика / Ю. Г. Котиков, В. Н. Ложкин. – М., ИЦ "Академия", 2006. – 272 с.

5. Говорущенко Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. / Н. Я. Говорущенко. − М.: Транспорт, 1990. − 135 с.

6. Гащук П. М. Энергетическая эффективность автомобиля / П. Н. Гащук − Львов: Свит, 1992. − 208 с.

7. Абрамов Д. В. Предельные динамические показатели переднеприводных легковых автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы / Д.В. Абрамов // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – № 1 (3). – С. 10–15.

8. Kenneth J. Modeling Tools for Predicting the Impact of Rolling Resistance on Energy Usage and Fuel Efficiency for Realistic Driving Cycles. In: Kelly International Tire Exhibition and Conference. 2002. Available at: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.8.2811&rep=rep1&type=pdf

9. Liudvinavičius Lionginas & Lingaitis P. L. Locomotive kinetic energy management. Transport problems. 2011. Volume 6. Issue 3. P. 135-142.

10. Способ Петросова для рекуперации энергии у автомобилей. Патент Российской Федерации RU2119434.

11. Понтрягин Л.С. Принцип максимума в оптимальном управлении. − М.: Едиториал УРСС , 2004. − 64 с.

12. Oliskevytch M. Modelling of complex highway automated control system as tool for reducing fuel consumption and emission in heavy-duty trucks. Energetic and ecological aspects of agricultural production. Chapter 5. – Warsaw Un. of Life Sciences. – Warsaw, − 2010. – p.48-58.

13. Кравченко О.П. Щодо визначення довжини черги вантажних автомобілів при обслуговуванні навантажувальних бункерів безперервних виробництв / О. П. Кравченко, К. К. Панайотов // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - 2014. - № 2. - С. 73-78. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2014_2_13.

Стаття надійшла до редакції 04.05.2016

© М.С. Оліскевич

УДК 629.113

Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк
Житомирський державний технологічний університет

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИСКУ НАДДУВУ ТА ТИСКУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА ПАРАМЕТРИ РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВЗ

Представлено стенд та програмно-апаратний комплекс для дослідження впливу тиску відпрацьованих газів та тиску наддуву на показники робочого циклу ДВЗ. Показано результати експериментальних досліджень робити двигуна при одночасному використанні наддуву та системи регулювання тиску відпрацьованих газів.

Ключові слова: *двигун, наддув, тиск відпрацьованих газів, газообмін, коефіцієнт наповнення, коефіцієнт очищення.*

Е.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерский, А.Е. Опанасюк
Житомирский государственный технологический университет

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАДДУВА И ДАВЛЕНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ НА ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕГО ЦЫКЛА ДВС

Представлено стенд и програмно-аппаратный комплекс для исследования влияния давления отработавших газов и давления наддува на показатели рабочего цыкла ДВС. Показаны результаты экспериментальных исследований работы двигателя при одновременном использовании наддува и системы регулировки давления отработавших газов.

Ключевые слова: *двигатель, наддув, давление отработавших газов, газообмен, коэфициент наполнения, коэфициент очистки.*

E. Opanasyuk, D. Begersky, A. Opanasyuk
Zhytomyr State Technological University

STAND FOR INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE BOOST PRESSURE AND EXHAUST GAS PRESSURE ON THE WORKING PARAMETERS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Presented stand and software-hardware system for the study of the influence the exhaust gas pressure and boost pressure on the performance of the working ICE. The results of experimental studies of the engine while using turbocharging and exhaust gas pressure control system.

Keywords: *engine, supercharging, exhaust gas pressure, gas exchange, the coefficient of filling, cleaning coefficient.*

Постановка проблеми. Для визначення динамічних і економічних показників, а також оцінки регулювальних параметрів проводяться стендові випробування двигунів [2, 3].

Програма випробування залежить від поставленої задачі. Відповідно до задач застосовуються різні види стендових випробувань:

- науково – дослідні випробування: проводять під час наукових випробувань для вивчення деяких окремих властивостей двигуна;
- довідні випробування: проводять в процесі розробки двигуна для оцінки впливу внесених у нього змін з метою досягнення необхідних параметрів;
- граничні випробування: проводять з метою визначення залежностей між граничними значеннями параметрів двигуна і режимів експлуатації;
- періодичні випробування: проводять для визначення впливу умов роботи на зміну параметрів двигуна з метою коригування параметрів;
- приймальні, приймально–здавальні та пред'явницькі випробування: проводять при відповідних умовах з метою визначення відповідних основних параметрів двигуна вимогам ГОСТів і ТУ;

На показники роботи двигуна одночасно впливає велика кількість факторів, врахувати спільний вплив яких практично неможливо. Тому випробування проводять при завданні деяких незмінних умов (постійний швидкісний режим двигуна, постійне положення органа керування подачею палива і т.д.).

Дослідна установка

Випробування двигунів проводять на спеціальних стендах. Запропонований стенд має пристосування для установки і закріплення на ньому двигуна [1] (рис. 1), пристрій, що призначений для поглинання потужності, що розвивається двигуном, пристосування для живлення двигуна, його

© Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк

охолодження, відводу відпрацьованих газів і органи керування двигуном. Крім того, стенд облаштовується вимірювальними приладами та додатковим обладнанням.

Експериментальний комплекс складається з рами для розміщення вузлів та агрегатів, двигуна, зчеплення, коробки передач, пристрою для навантаження, системи наддуву, випускної системи, системи відбору відпрацьованих газів, пульта керування, системи живлення, іншого обладнання.



Рис. 1. **Зовнішній вигляд дослідної установки**



Рис. 2. **Загальний вигляд двигуна**

Системи наддуву та випуску відпрацьованих газів.

Відпрацьовані і картерні гази містять шкідливі для здоров'я людини речовини і повинні бути цілком відведені за межі приміщення, де знаходиться дослідна установка. Гази відводяться через загальний для всієї дослідної установки колектор, до якого прикріплені глушники (рис. 3). Відповідно до ГОСТ 4846-69 система для відводу відпрацьованих газів не має створювати протитиск у вихідному отворі випускного трубопроводу двигуна більше 20 мм. рт. ст.

Живлення повітрям здійснюється через повітряний фільтр випробовуваного двигуна з використанням нагнітача повітря (рис. 4), що має регулятор потужності, розташований на пульті керування. У якості нагнітача було використано електровентилятор системи опалення салону автомобіля ВАЗ- 2109.



Рис. 3. **Система випуску відпрацьованих газів**



Рис. 4. **Система наддуву**

Вимірювальне обладнання

Для того щоб забезпечити живлення випробовуваного двигуна паливом, стенд обладнаний системою живлення і приладами, що вимірюють витрату палива (рис. 5).

Для вимірювання частоти обертання колінчастого вала використовується датчик Холла SS413A фірми - виробника Honeywell.

Для створення магнітного поля, на колінчастий вал двигуна було встановлено спеціальний диск з, рівномірно розташованими магнітами (рис. 6).

© Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк



Рис. 5. **Система для визначення витрати палива ваговим методом**



Рис. 6. **Загальний вигляд встановленого датчика**

Для вимірювання тиску у впускному і випускному колекторі було використано датчики абсолютного тиску п'єзоелектричного типу MPXHZ6400AC6T1 фірми–виробника Freescale (рис. 7).

Для попередньої обробки сигналів датчиків було створено спеціальний програмно-апаратний комплекс на базі мікроконтролера ATmegal6 фірми Atmel. Загальний вигляд комплесу представлений на рис. 8.



Рис. 7. **Загальний вигляд датчика тиску при вимірюванні**



Рис. 8. **Модуль програмно-апаратного комплекс для дослідження динамічних характеристик двигуна внутрішнього згоряння на основі МК ATmegal6**

Мікроконтролер під час роботи вимірює інтервали часу між імпульсами датчиків Холла з точністю, яка визначена кварцевим генератором і складає приблизно 9.1×10^{-8} с, та передає їх на комп’ютер за допомогою інтерфейсу RS232, що являє собою промисловий стандарт для послідовної двонаправленої асинхронної передачі даних. Максимальна відстань, на якій можна організувати зв’язок, складає 20м..

Для обробки отриманих даних в реальному часі була створена програма «Moros», загальний вигляд інтерфейсу якої зображено на рис. 9. Вона дозволяє прочитати дані, які передав мікроконтролер з необхідною швидкістю передачі та визначеною довжиною пакету даних з COM порта комп'ютера. Також візуалізує отримані дані в числовому та графічному вигляді.

© Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк

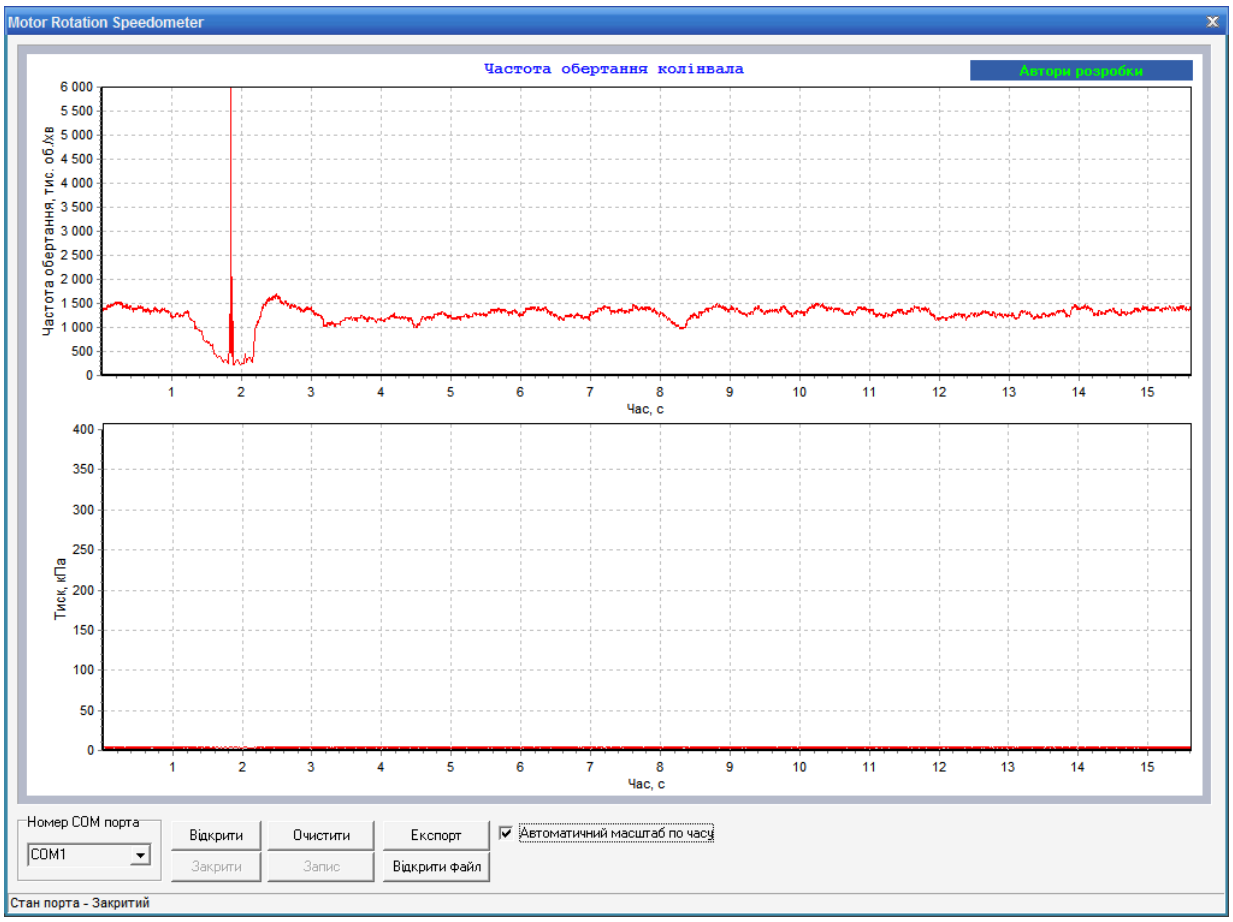


Рис. 9. **Загальний вигляд інтерфейсу програми «MoRoS»**

Для вимірювання температури при експериментальних дослідженнях використовувався електронний безконтактний пірометр і термопари.

Результати експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження впливу наддуву на експлуатаційні характеристики двигуна внутрішнього згоряння проведені на базі дослідної установки з використанням додаткового вимірювального обладнання та програмно – апаратного комплексу.

Експериментально встановлено вплив тиску наддуву на наступні показники:

- частоту обертання колінчастого вала;
- витрату палива;
- температуру відпрацьованих газів/

Експериментальні дослідження проводилися на трьох режимах роботи двигуна (режим холостого ходу, середніх обертів та номінальному режимі), при трьох режимах наддуву.

Приклад експериментальної осцилограми представлено на рис. 10.



Рис. 10. **Осцилограма зміни обертів колінчастого вала n на режимі холостого ходу при змінних значеннях тиску наддуву Рк**

© Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк

Результати експериментальних досліджень залежності частоти обертання колінчастого вала від тиску наддуву представлено на рис. 11 – 12.

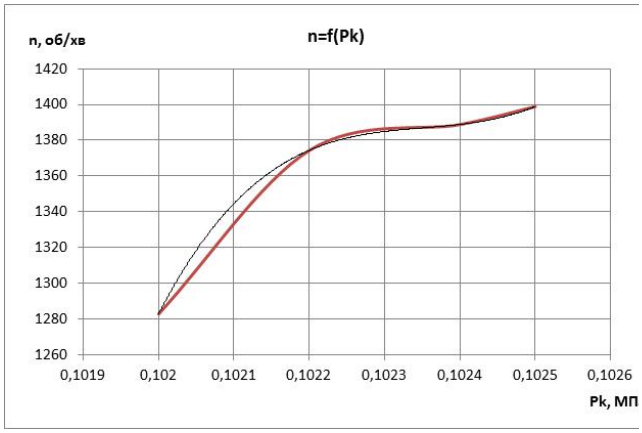


Рис. 11. **Залежність частоти обертання колінчастого вала n на режимі холостого ходу від тиску наддуву Pk**

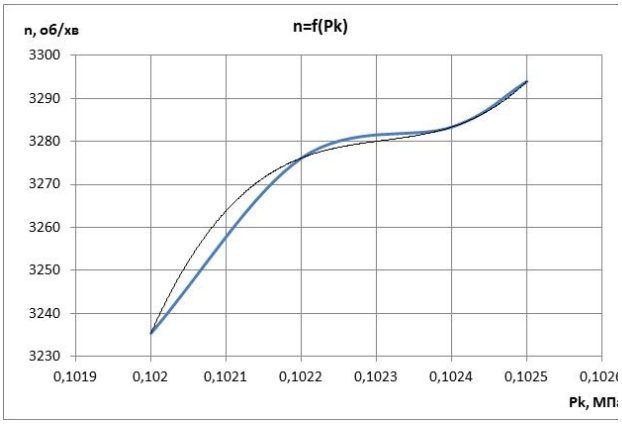


Рис. 12. **Залежність частоти обертання колінчастого вала n на номінальному режимі від тиску наддуву Pk**

Дані залежності (рис. 11 – 12) чітко показують підвищення частоти обертання колінчастого валу при перемиканні режимів наддуву.

Дослідження показали, що при використанні наддуву на режимі холостого ходу спостерігається збільшення витрати палива на 9% в порівнянні з режимом роботи двигуна без наддуву.

З підвищенням частоти обертання колінчастого вала до середніх обертів при максимальному наддуві знижується витрата палива до 15% в порівнянні з режимом роботи двигуна на цих же обертах без наддуву (рис. 13).

На номінальному режимі дослідження показали зниження витрати палива при максимальному наддуві понад 10% (рис. 14). Зниження витрати палива підтверджує актуальність роботи та доцільність використання наддуву для подальших досліджень в напрямку вдосконалення ефективних показників двигуна.

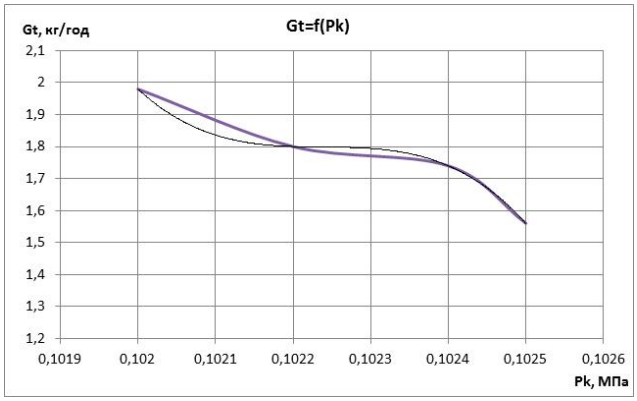


Рис. 13. **Залежність годинної витрати палива Gt від тиску наддуву Pk на режимі середніх обертів**

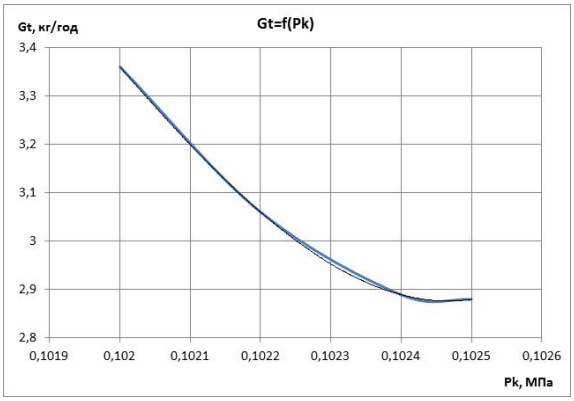


Рис. 14. **Залежність годинної витрати палива Gt від тиску наддуву Pk на номінальному режимі**

Висновки

1. Досліджено вплив наддуву на годинну витрату палива. В результаті досліджень визначено, що з підвищенням тиску наддуву та обертів колінчастого вала спостерігається зниження годинної витрати палива до 15% у порівнянні з роботою двигуна без наддуву на режимі холостого ходу.

2. Проведено експериментальні дослідження впливу наддуву на експлуатаційні показники двигуна.

3. В результаті аналізу отриманих даних в ході експериментальних досліджень визначено, що примусове підвищення тиску у впускній системі за допомогою системи наддуву на 0,5%, призводить до збільшення обертів на 8% на режимі холостого ходу та 2% на режимі середніх та

номінальних частотах обертання колінчастого вала.

4. Наведені результати підтверджують доцільність подальшого вивчення впливу тиску у впускній та випускній системі двигуна на його експлуатаційні характеристики.

Література

1. Автомобиль «BMW» серия 3 выпуска 1975-82. Руководство по ремонту, - М,1997.
2. Стендовые испытания двигателей внутреннего сгорания: Лабораторный практикум для студентов механических специальностей. Сост.: А.Л.Иванов, А.С.Ненишев, И.И.Ширлин - Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. - 36 с.
3. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания. Учебник для ВУЗов. М.: «Высшая школа», 1975.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2016

© Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк

УДК 539.3:629.3.027.52

Ю.А. Петрова, О.О. Ларін
Національний технічний університет «Харківський політехнічній інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН З ЖОРСТКОЮ ОСНОВОЮ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІВНЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Дана робота присвячена дослідженню характеристик контактної взаємодії пневматичної шини з дорожнім покриттям. В ході роботи встановлено залежність якісних і кількісних характеристик плями контакту від величини вертикального навантаження. Дослідження проводились на основі низки скінчено-елементних моделей шини, що враховують основні її особливості, із застосування методу багатомасштабного моделювання з метою покращення результатів отриманих в області контакту. Отримані дані дозволили оцінити також і жорсткість пневматичної шини, шляхом визначення інтегральної реакції пневматичної шини в контакті.

***Ключові слова**: пневматична шина, контактна взаємодія, пляма контакту, багатомасштабний підхід, жорсткість.*

Ю.А. Петрова, А.А. Ларин
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН С ЖЕСТКОЙ ОСНОВОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Данная работа направлена на исследование характеристик контактного взаимодействия пневматической шины с дорожным покрытием. В ходе работы установлено зависимость качественных и количественных характеристик пятна контакта от величины перемещений, возникающих под действием вертикальной нагрузки. Исследования проводились на основе ряда конечно-элементных моделей шины, учитывающих все имеющиеся ее особенности, с применением метода многомасштабного моделирования с целью улучшения результатов полученных в области контакта. Полученные данные позволили оценить также и радиальную жесткость пневматической шины, путем определения интегральной реакции шины в контакте.

***Ключевые слова:** пневматическая шина, контактное взаимодействие, пятно контакта, многомасштабный подход, жёсткость.*

I. Petrova, O. Larin
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»'

INVESTIGATION OF CONTACT INTERACTION OF PNEUMATIC TIRES WITH A RIGID BASIS DEPENDING ON THE VERTICAL LOAD

The paper deals with the study of the characteristics of contact interaction of pneumatic tire with the road surface. The regularities of qualitative and quantitative characteristics of contact patch arising (eventuating) under vertical load were defined in the research. The investigation was based on the series of FE models of pneumatic tire taking into account its main peculiarities. The multi-scale approach to the modeling was used to improve the results in the contact patch. The results also allowed to evaluate radial stiffness of pneumatic tire by determining the integral reaction to the displacement control load of the pneumatic tire in contact.

***Keywords:** pneumatic tire, contact interaction, contact patch, multiscale approach, stiffness.*

Вступ. На сьогоднішній день значний сегмент сучасної промисловості займає транспортне машинобудування, важлива частина якого пов'язана з проектуванням та експлуатацією колісних транспортних засобів (ТЗ). У свою чергу, однією з важливих складових сучасних ТЗ є пневматична шина (ПШ). Її характеристики значною мірою визначають такі експлуатаційні показники ТЗ як надійність роботи, керованість ТЗ та стійкість руху, гальмівні якості, а також економічність та екологічність (вплив на витрати палива).

Ступінь контактної взаємодії пневматичної шини з твердою дорожньою основою є однією з важливих характеристик, що впливає на стійкість руху і керованість. Площа плями контакту та розмір контактного тиску є основними показниками, що визначають особливості контактної взаємодії деформівних твердих тіл. [1]. На значення цих кількісних характеристик суттєво впливають тип та рівень навантаження, а також режими роботи ТЗ. З іншого боку, багато в чому експлуатаційні характеристики ПШ визначаються жорсткісними характеристиками шини, які, в свою чергу залежать від рівня вертикального навантаження [2].

Дослідження ПШ у контактній взаємодії з дорогою ускладнюються низкою особливостей, а саме, наявністю шарів з ортотропними властивостями матеріалу, геометричної нелінійності,

© Ю.А. Петрова, О.О. Ларін

нелінійності фізичних співвідношень для гумових матеріалів, контактної взаємодії. Урахування всіх цих особливостей призводить до суттєвого ускладнення математичної моделі. А при збільшенні розмірності нелінійної системи виникає проблема досягнення збіжності чисельних процедур, що застосовуються для пошуку розв'язку. З попередніх досліджень виявлено, що нехтування хоча б однією з цих особливостей призводить до суттєвого спотворення результатів [3]. Тож досягти потрібної збіжності результатів з достатньою густиною сітки для отримання достовірних результатів за одну ітерацію моделювання неможливо.

Тож для дослідження експлуатаційних характеристик, що визначаються ступенем контактної взаємодії ПШ з дорожнім покриттям доцільно використати підхід багатомасштабного субмоделювання [3].

Таким чином, у даній роботі пропонується визначити особливості формування характеристик контактної взаємодії ПШ з дорогою в залежності від розміру вертикального навантаження. А також, оцінити жорсткість ПШ, шляхом визначення інтегральної реакції області її у контакті з дорожною основою.

Об'єкт дослідження. В даній роботі досліджуються характеристики пневматичної шини марки 205/55R16. Під час моделювання враховувались основні конструктивні особливості: багатошарову структуру, з явним урахуванням того, що кожен шар має власні механічні властивості та для деяких шарів їх криволінійну ортотропію (рис. 1).

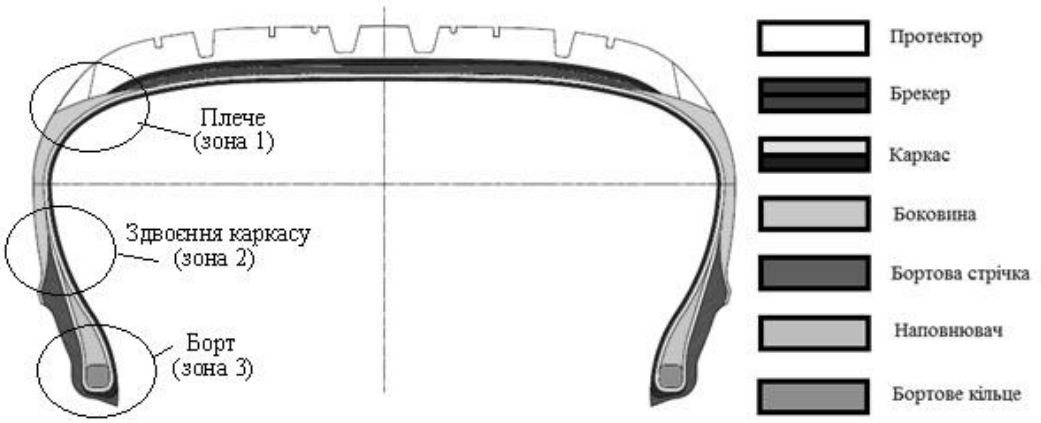


Рис. 1 - **Структурна карта пневматичної шини**

Механічні властивості матеріалів різних шарів шини помітно відрізняються. Тому, в даній роботі, при побудові СЕ моделей вони всі враховувались явним чином (табл. 1). Нелінійна поведінка гумових матеріалів враховувалась використанням моделі Нео-Гука, яку доцільно застосовувати у випадках великих прогинів і помірних деформацій (в межах 20%).

Таблиця 1 – **Властивості складових композитних матеріалів**

	Модуль пружності	Коефіцієнт Пуассона	Щільність
	E, [МПа]	*Y*	ρ, [кг/м^3]
Протектор	3.00	0.49	1200
Боковина	3.74	0.49	1200
Бортова стрічка	7.00	0.49	1200
Наповнювач	16.00	0.49	1200

Також слід зазначти наявність у конструкції композитних шарів з гумокордних матеріалів. Вони представляють собою гумову матрицю з текстильним (каркас) та металевим (брекер) кордом. Тож механічні властивості таких шарів мають ортотропний характер. Врахування такої криволінійної ортотропії здійснювалось шляхом введення локальних фінітно-тороїдальних систем кординат, напрям осей яких повторює геометрію даних шарів. Розташування цих ситсем подано на рис. 2. У таблиці 2 наведені механічні властивості складових композитних шарів.

Таблиця 2

Властивості матеріалів кордних шарів (технічні константи)

	Корд		Гумова матриця	
	Модуль	Коефіцієнт	Модуль	Коефіцієнт

	пружності, [МПа]	Пуассона	пружності, [МПа]	Пуассона
	E	υ	E	υ
Каркас	77120	0,3	6	0,49
Брекер	74730	0,3		

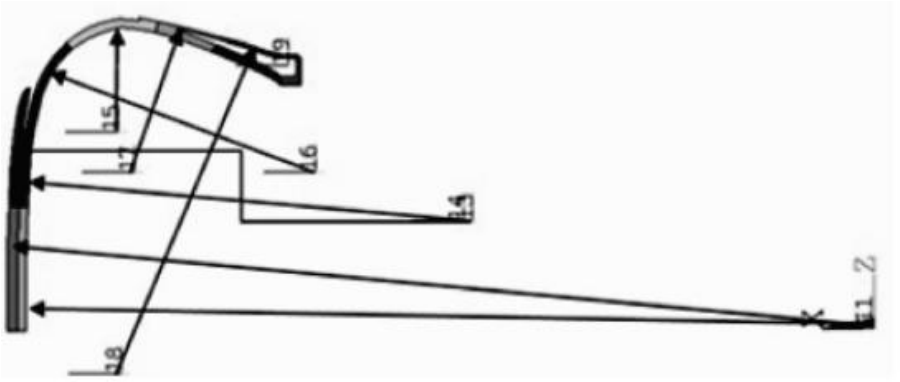


Рис. 2 – **Розташування локальних фінітно-тороїдальних систем координат**

Побудова СЕ моделей

В ході роботи було створену серію СЕ моделей. Спочатку створювалась повна СЕ модель пневматичної шини з урахуванням конструктивних особливостей, багатошарової структури, геометричної та фізичної нелінійності (рис. 3-4). Розмірність СЕ сітки, якої цілком достатньо для аналізу основних характеристик силової дії, визначення найбільш навантажених зон і відповідає вимогам щодо досягнення збіжності розрахунків, але не достатньо для визначення концентрації напружень та деформацій.



Рис. 3 – **Об'ємна СЕ модель**



Рис. 4 – **Сегмент СЕ моделі**

В якості кінематичних граничних умов виступає обмеження переміщень по всіх напрямах частини зовнішньої поверхні бортової стрічки, що імітує взаємодію з диском. Деформування шини аналізувалось в рамках її контактної взаємодії із дорожнім покриттям.

В рамках наведеної моделі проведено низку розрахунків, в ході яких варіювався розмір переміщень у вертикальному напрямку (10-25 мм), які дозволяють імітувати вертикальне робоче навантаження та прикладалися до дорожнього покриття. Тиск прикладався до внутрішньої поверхні каркаса. Враховується наявність площини симетрії.

Результати розрахунків першого етапу дозволяють зробити висновок про області моделі, які потребують додаткового уточнення. В даному випадку це область взаємодії шин з дорожнім покриттям (рис.5).

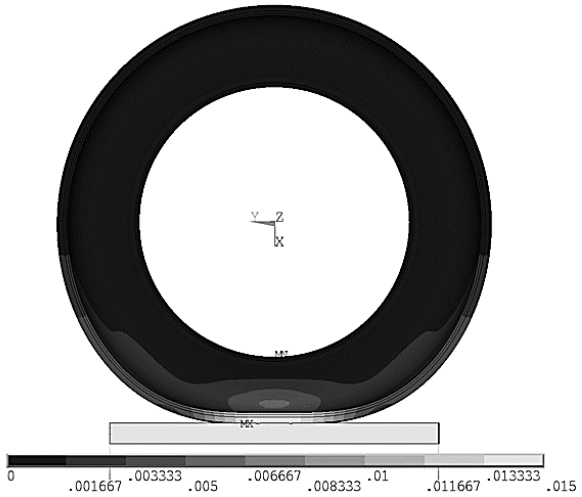


Рис. 5 – **Деформована форма повної моделі**

Отже, наступним етапом, згідно багатомасштабного підходу (рис.6), є уточнення результатів. Для цього з повної моделі вилучається сектор розміром 45 градусів у місці взаємодії шини з дорожнім покриттям (область контактної взаємодії до переходу у безконтактну). Для цієї моделі створено нову значно подрібнену сітку (кількість СЕ елементів сегменту дорівнює кількості СЕ елементів всієї шини), що дозволить отримати уточнені результати.

Третій етап було проведено з метою подальшого уточнення результатів. Він являє собою вилучення з 45-градусного сектору, ще меншого, у 15 градусів. Він відповідає області повного контакту. Усі розрахунки проводились з аналогічними граничними умови, що й на попередньому етапі.

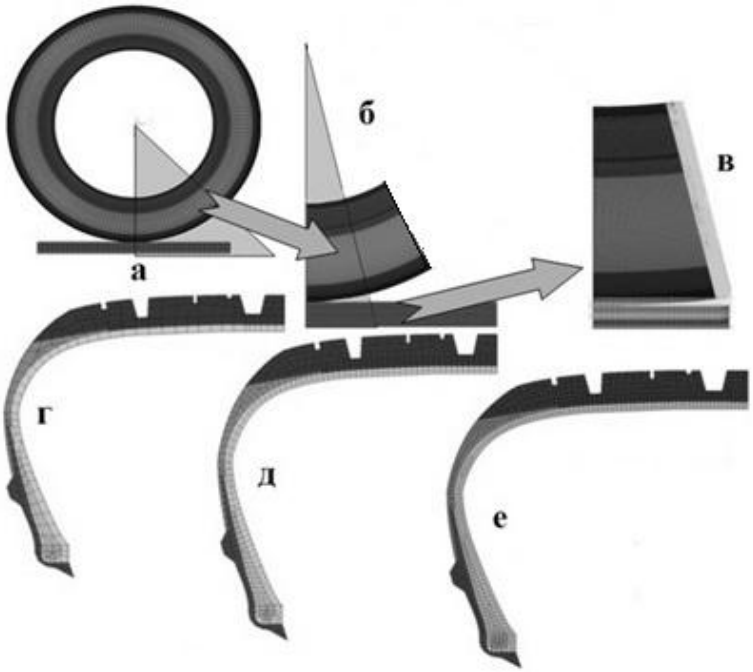


Рис. 6 – **Загальна схема субмоделювання**
(а – повна СЕ-модель шини з дорогою, б – 45-градусний сегмент,в –15-градусний сегмент(центральний), г, д, е, – порівняння СЕ сіток)

Результати розрахунків. З найбільш важливих характеристик пневматичної шни є її радіальна жорсткість, яка має певні залежності від рівня вертикального навантаження. Рисунок 7 ілюструє залежність вертикальної складової реакції від рівня вертикального переміщення. При аналізі даної кривої спостерігається суттєво нелінійна поведінка залежнсті реакції від переміщень у робочій області навантаження.

© Ю.А. Петрова, О.О. Ларін

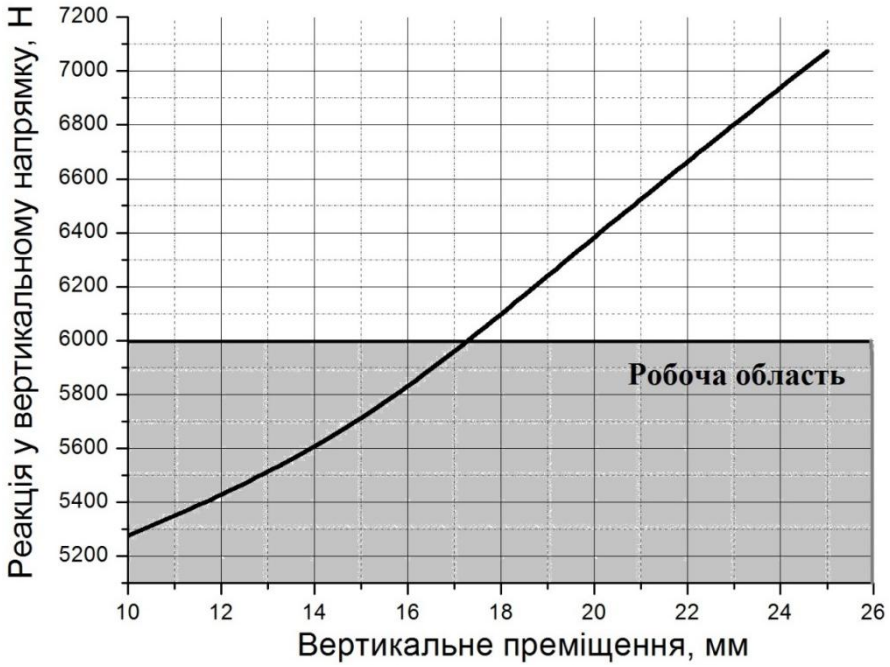


Рис. 7 – **Залежність вертикальної складової реакції від рівня вертикального навантаження**

Ступінь контактної взаємодії, в свою чергу, характерезується площею плями контакту, контактним тиском та розміром контактних напружень. На рис. 8 зображені плями контакту на різних масштабах розгляду: для сектору у 45 та 15 градусів зі значенням внутрішнього тиску 0.21 МПа і вертикальним переміщенням дорожньої основи на 25 мм. Проаналізував дані результати можна зробити висновок, що зі зменьшенням масштабу пляма контакту суттєво уточнюється. Області, що зовсім не були в контакті прейшли в області проковзування. А значна частина плями, що належала до області проковзування перейшла у повний контакт.

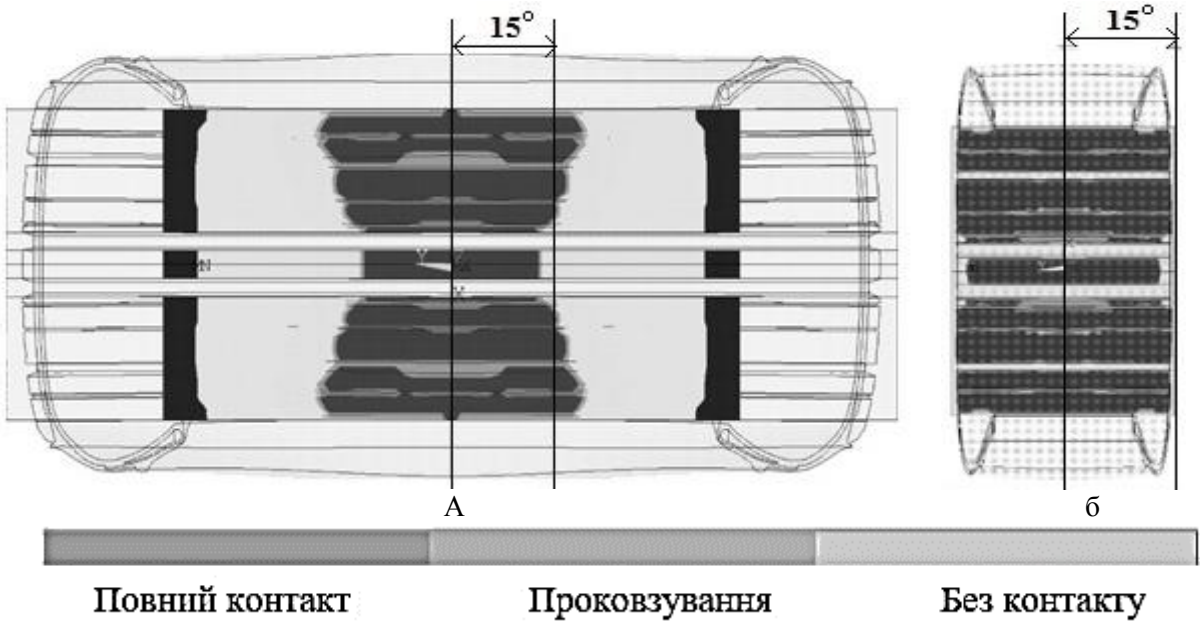


Рис. 8 – **Залежність розміру і якості плями контакту від масштабу розгляду**
а – 45-градусний елемент, б – 15-градусний елемент

Як було зазначено вище, контактна взаємодія в першу чергу характеризується площею плями контакту, яка суттєво залежить як від рівня вертикального навантаження. На рис. 8 зображено залежність від розміру вертикального навантаження площі плями контакту в області

повного стисненого контакту та в зоні, де контактна взаємодія спостерігається, але є області з нещільним стисканням (проковзування). Найбільші значення площі плями контакту спостерігаються при значенні переміщень, викликаних вертикальним навантаженням 25 міліметрів. Залежність площі плями контакту від вертикального навантаження має суттєво нелінійний характер, що обумовлюється якісними змінами у характері розподілу плями контакту при збільшенні навантаження.

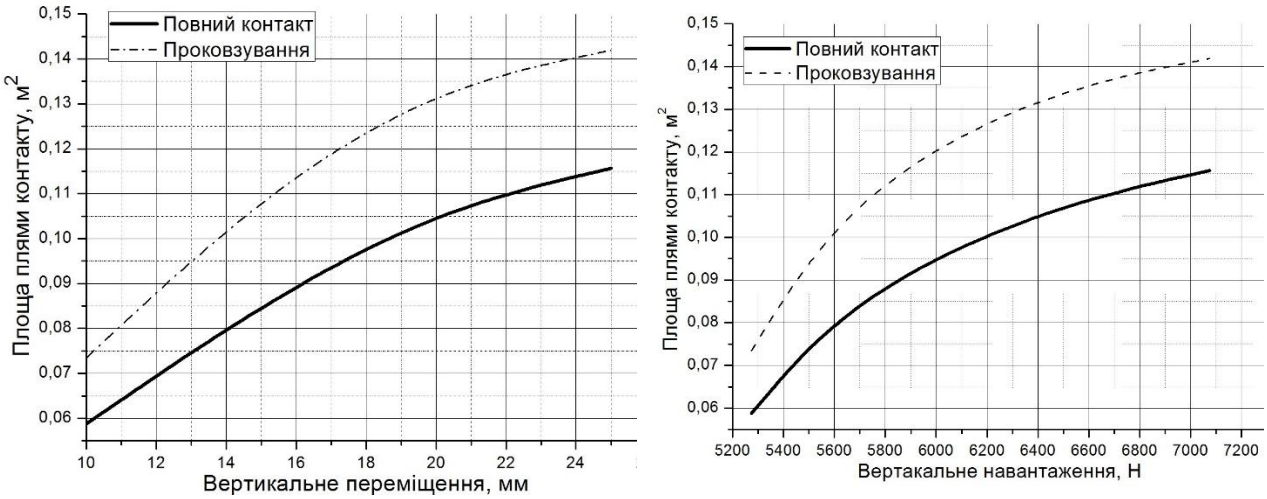


Рис. 8 – **Залежність площі плями контакту від вертикального навантаження**

Висновки. В даній роботі проведені розрахунки щодо визначення чисельних та якісних характеристик контактної взаємодії пневматичної шини з дорожнім покриттям в залежності від навантаження та масштабу розглядання.

Для цього було створено низку скінчено-елементних моделей ПШ, які враховують основні її структурні особливості. Проведено розрахунок напружено-деформованого стану, що утворився під дією внутрішнього тиску 2.1 МПа і переміщень у вертикальному напрямку, що виникли у наслідок дії вертикального навантаження, розміри яких варіювалися. Розрахунки проводились з урахуванням фізичної та геометричної нелінійностей.

На основі СЕ моделей, із застосуванням багатомасштабного підходу здійснено аналіз залежності площі плям контакту і контактного тиску від значення вертикального навантаження. Аналіз результатів таких розрахунків показав, що використання багатьох масштабів моделювання суттєво уточнює, як якісні так і кількісні характеристики плями контакту. Найбільші значення площі плями контакту спостерігаються при значенні переміщень 25 міліметрів.

Отримані дані також дозволяють оцінити жорсткість ПШ, шляхом визначення інтегральної реакції ПШ в контакті

Результати представлені у вигляді кривих залежності реакції від рівня вертикального навантаження.

1. *J. Aguilar-Martínez, L. Alvare-Icaza*, Analysis of tire-road contact area in a control oriented test bed for dynamic friction models/ *Aguilar-Martínez J, Alvarez-Icaza L*// Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios, 2015. – pp. 461-471.

2. *K. Yong-Woo*, Micromechanically consistent calculation of rotational stiffness of radial tire/ *Yong-Woo K.* // Journal of Mechanical Science and Technology 23, 2009. – pp. 1294 – 1305.

3. *Ларін, О.О.* Визначення циклів напружень елементів пневматичної шини з використанням поцедури субмоделювання [Текст] / *Ларін О.О., Петрова Ю.А.* // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Динаміка та міцність машин №57 - Вестник НТУ "ХПИ", 2014. - С. 37-49.

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2016

© Ю.А. Петрова, О.О. Ларін

УДК 621.3

О.М. Пилипенко, М.В. Підгорний, І.А. Шльончак
Черкаський державний технологічний університет

СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТА ВИКОРИСТАННІ БІОГАЗУ В ДИЗЕЛЯХ

Створена комплексна система безпеки виробництва та використання біогазу в частині забезпечення інформаційної підтримки керування. Встановлено, що у складі інформаційної системи безпеки повинні застосовуватися такі автономно працюючі підсистеми, як: прогноз аварій та катастроф; оцінка й прогноз стану виробництва і використання біогазу; вибір адекватних реакцій; оцінка ефективності реакцій.

***Ключові слова**: біогаз, автоматична система безпеки, виробництво та використання біогазу, дизель.*

А.М. Пилипенко, Н.В. Подгорный, И.А. Шленчак
Черкасский государственный технологический университет

СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В ДИЗЕЛЯХ

Создана комплексная система безопасности производства и использования биогаза в части обеспечения информационной поддержки управления. Установлено, что в составе информационной системы безопасности должны использоваться такие автономно работающие подсистемы, как: прогноз аварий и катастроф; оценка и прогноз состояния производства и использования биогаза; выбор адекватных реакций; оценка эффективности реакций.

***Ключевые слова:** биогаз, автоматическая система безопасности, производство и использование биогаза, дизель*

A. Pilipenko, N. Pidgoniy, I. Shlionchak
Cherkassy State Technological University

SYSTEM OF SAFETY IN A PRODUCTION OF BIOGAS AND IT'S USING IN DIESELS

The complex system of safety of production and use of biogas was created in part of providing of informative support of management. It was found out that in composition the informative system of safety such autonomically working subsystems must be used, as: prognosis of accidents and catastrophes; estimation and prognosis of the state of production and use of biogas; choice of adequate reactions; estimation of efficiency of reaction.

***Keywords:** biogas, automatic system of safety, production and use of biogas, diesel.*

Постановка проблеми. Через зростання попиту на нафту безперервно зростає її дефіцит, який до 2025 р. досягне 16 млн барелів (2,5 млн т) в день. Основним постачальником нафти для нашої держави є Російська Федерація, але в Росії ситуація ускладнюється падінням видобутку нафти після 2010 р. (до 10 млн т в рік) та міждержавними конфліктними ситуаціями [1, 2].

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 біогаз, який використовується у двигунах внутрішнього згоряння, зокрема у дизелях. Через те, що вимоги до екологічних показників транспортних засобів постійно зростають, постає необхідність в удосконаленні їх конструкції з метою зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами [3]. Одним із ефективних способів поліпшення екологічних показників транспортних засобів з дизелями є їх переобладнання для роботи на стиснутому природному газі, зокрема на біометані, який є продуктом сільськогосподарського виробництва. Як у промисловості, так і в побуті зазначений газ широко застосовується. Однак, використання газу в промисловості чи в побуті вимагає виконання відповідних правил і норм безпеки. Таким чином, двигуни внутрішнього згоряння, які працюють на біогазі, або установки для його виробництва належать до об'єктів підвищеної небезпеки і вимагають особливої обережності при експлуатації. Слід зауважити, що біогаз легший за повітря (густина 0,72 кг/м3) і у випадках витікання може накопичуватися у верхній частині приміщення, чого не можна сказати про зріджений газ, який майже удвічі важчий за повітря і накопичується у нижній частині приміщення або салону автомобіля [4, 5].

У зв'язку з цим **метою роботи** є розробка комплексної системи безпеки при виробництві та використанні біогазу, у складі якої застосовуються автоматичні підсистеми (ланки): прогноз аварій, катастроф; оцінка й прогноз стану виробництва біогазу; вибір адекватних реакцій; оцінка ефективності реакцій тощо.

© О.М. Пилипенко, М.В. Підгорний, І.А. Шльончак

Результати досліджень. Значний внесок в дослідження та покращення показників транспортних засобів, які працюють на газовому паливі, внесли такі відомі вчені: Ю.Ф. Гутаревич, М.І. Дикий, Ф.І. Абрамчук, В.П. Матейчик, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, О.М. Кабанов, В.Н. Луканін, А.С. Хачіян. Одним із ефективних напрямків розширення використання газового палива на автотранспорті є конвертація дизелів, за допомогою незначних конструктивних змін, у двигуни, які працюють на стисненому газі. Цей спосіб розглядається, як ефективний спосіб покращення екологічних та економічних показників транспортних засобів. Створення провідними фірмами світу газових двигунів, які задовольняють найбільш жорстким нормам щодо шкідливих викидів, свідчить про переваги конвертації дизелів в газові двигуни та нагальну потребу у виробництві газового палива [6].

Необхідно зазначити, що технологічний процес виробництва біогазу є безперервним та складним, а його використання – небезпечним. Це потребує створення комплексної системи безпеки процесу, у частині забезпечення інформаційної підтримки керування безпекою виробництва і використання. У складі такої інформаційної системи безпеки повинні застосовуватися, щонайменше, автономно працездатні підсистеми (ланки): прогноз аварій, катастроф; оцінка й прогноз стану виробництва; вибір адекватних реакцій; оцінка ефективності реакцій [7].

Нехай задано: X - простір умов експлуатації системи безпеки (СБ); Y - множина елементів (кабелів, сповіщувачів, аналого-цифрові перетворювачі, комутатор (концентратор), мультиплексом, синхронізатор, реєстратор інформації, розподільник імпульсів, сигнальні елементи, виконавчі елементи та ін.), з яких комплектується СБ.

Елементом простору умов експлуатації будемо вважати вектор $x \in X$: $x = \{x_1, x_2 ... x_y\}$, компонентами якого є числові значення параметрів, що характеризують зовнішні умови, які впливають на елементи СБ в процесі експлуатації об'єкта. Для кожного компонента векторах $x \in X$ можна визначити значення $x_{ij}; j = 1,2,3...J_i;\ i = 1,2,3...I$; які є границями якісної зміни характеру зовнішніх умов. Приналежність $i-$ї $; i = 1,2,3...I$; компоненти вектора x до інтервалу $(x_{ij-1}, \mathrm{x_{ij}}); j = 1,2,3...J_i$; буде називатися $\mathrm{j}-$м станом $i-$ї компоненти вектора зовнішніх умов.

Якщо збільшення індексу j відповідає зміні в напрямку жорсткості умов експлуатації, то простір X може бути розбитий на підмножини

$X_j = \{x_i : x_i \le x_{ij}, j = 1,2,3...J_i, i = 1,2,3...I\}$, які задовольняють умовам:

1. $X_j \subseteq X_{j+1}, j = 1,2,..., \max\limits_i J_i$;
2. $\bigcap\limits_{j=1}^{\max\limits_i J_i} X_j = X^0$ X^0 - умова ідеальної експлуатації;
3. $\bigcup\limits_{j=1}^{\max\limits_i J_i} X_j = X$.

Так як J_i, I - скінчені, то множина $\{X_j\}$, $j = 1,2,..., \max\limits_i J_i$ - скінчені, при цьому

$$card\{X_j\} \le \prod_{i=1}^{I} J_i \le \aleph_0$$

Множина Y елементів СКЕ має закінчену кількість підмножин:

1) $Y_1 = \{y_{\mu 1}, \mu = 1,2,..., M_1\}$- сповіщувачі (температури, диму, полум'я…);
2) $Y_2 = \{y_{\mu 2}, \mu = 1,2,..., M_2\}$- датчики виходу вогнегасної речовини;
3) $Y_3 = \{y_{\mu 3}, \mu = 1,2,..., M_3\}$- аналого-цифрові перетворювачі;
4) $Y_4 = \{y_{\mu 4}, \mu = 1,2,..., M_4\}$ - сигнальні елементи;
5) $Y_5 = \{y_{\mu 5}, \mu = 1,2,..., M_5\}$- виконавчі елементи;
6) $Y_6 = \{y_{\mu 6}\}$ - ЕРП;7) $Y_7 = \{y_{\mu 7}\}$- комутатор (концентратор);

© О.М. Пилипенко, М.В. Підгорний, І.А. Шльончак

8) $Y_8 = \{y_{\mu 8}\}$- мультиплексор;

9) $Y_9 = \{y_{\mu 9}\}$- синхронізатор;

10) $Y_{10} = \{y_{\mu 10}\}$- розподільник імпульсів;

11) $Y_{11} = \{y_{\mu 11}\}$- реєстратор інформації.

елементами яких є технічні засоби передачі, розподілу й перетворення електроенергії. Очевидно, що при цьому повинні виконуватися наступні умови:

1. $Y_l \bigcap Y_j = 0,\ \forall l \neq j = 1,2,...L;$

2. $\bigcup_{l=1}^{L} Y_l = Y.$

Кожний елемент множини $Y_l; l = 1,2,...L;$ визначений набором ознак (властивостей), що дозволяють однозначно відповісти на запитання про можливості використання даного елемента при заданих зовнішніх умовах X_j.

Для запобігання й ліквідації погроз та їхніх наслідків система комплексної безпеки даної концепції, в основному, повинна мати:

- високоефективні й надійні комунікаційні, інформаційні й інші технології, а також відповідне програмно-технічне забезпечення;
- сучасні засоби автоматизованого збору інформації про стан об'єкта, що захищається, виконавчих органів і передачі її по лініях зв'язку на відповідний ієрархічний центр обробки інформації;
- засоби контролю й підтримки готовності виконання службових обов'язків на належному рівні особовим складом і оперативно-технічними службами;

Крім того, система повинна мати здатність координувати взаємодії оперативно-технічних служб об'єкта й екстрених служб.

На рисунку 1 зображена схема запропонованого пристрою. Типи та призначення окремих виконавчих елементів розробленої автоматичної системи безпеки виробництва та використання біогазу наведені в таблиці 1. При виникненні пожежі в контрольованому закритому об’єкті спрацьовують датчики (1, 2 і 3). При цьому сигнал надходить на входи, що запускають комутатор 4, і на виході якого сигнал з'являється через 15 с.

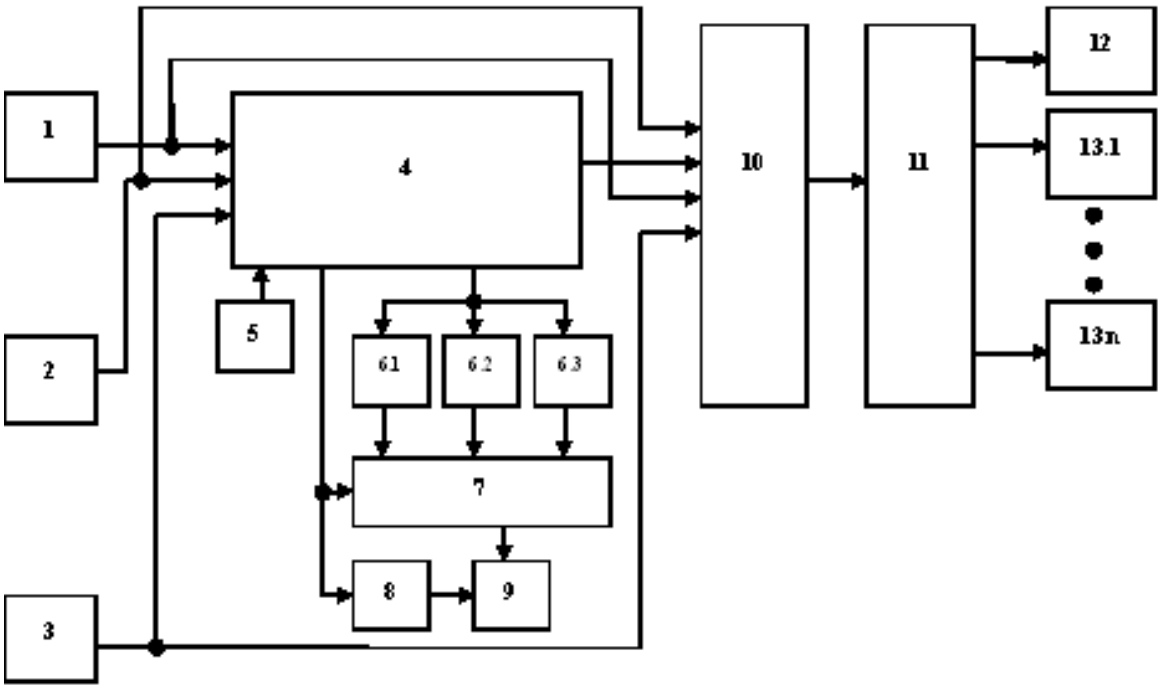


Рис. 1 – **Функціональна схема системи безпеки устаткування для виробництва або використання біогазу**

© О.М. Пилипенко, М.В. Підгорний, І.А. Шльончак

1 – диференційний сповіщувач температури;
2 – адресно-аналоговий сповіщувач диму;
3 – ручний сповіщувач;
4 – модуль адресації пожежний (комутатор);
5 – датчик виходу вогнегасячої речовини;
6 – аналого-цифрові перетворювачі 6.1 - 6.3;
7 – мультиплексор;
8 – синхронізатор;
9 – реєстратор цифрової інформації;
10 – ПЕОМ;
11 – модуль керуючий МА-В;
12 – сигнальний елемент;
13 – виконавчі елементи (лафетний стовбур УПР-1).

Модуль адресації пожежний 4 по синхронізуючих сигналах синхронізатора 8 підключає по черзі вхідні шини до входів аналого-цифрових перетворювачів 6.1-6.3. Інші сигнали в цей час від них відключені. Кожний з вихідних сигналів датчиків в відповідному аналого-цифрового перетворювачі перетворюється в восьмирозрядний двійковий код. Перетворений аналого-цифровим перетворювачем 6 сигнал в восьмирозрядний двійковий код подається на мультиплексор 7. В залежності від керуючого сигналу синхронізатора 8 один з інформаційних входів мультиплексора 7 подається на вхід реєстратора цифрової інформації 9. Збереження інформації в реєстраторі цифрової інформації 9 відбувається синхронно під керуванням синхронізатора 8, що дає можливість послідовно зберегти в пам'яті реєстратора інформацію про динаміку розвитку пожежі, час виходу вогнегасячої речовини або час локалізації вогнища загоряння. Якщо спрацювали всі три датчики (1, 2 і 3), то сигнал надходить на відповідні входи мажоритарного елемента ПЕОМ 10, що реалізує логічну функцію "2 або 3 з 4".

Таблиця 1

Типи та призначення окремих виконавчих елементів розробленої автоматичної системи безпеки виробництва та використання біогазу

Тип пристрою	Призначення
Сповіщувач пожежний адресно-аналоговий (диму)ІП 212-49А	1. Вимір рівня диму в місці установки. 2. Самодіагностика, контроль димового каналу. 3. Контроль і компенсація запиленості.
Сповіщувач пожежний адресно-аналоговий (температури) ІП105/2А1	1. Вимір рівня температури в місці установки. 2. Самодіагностика, контроль димового каналу. 3. Контроль і компенсація запиленості.
Модуль керуючий МА-В	Керування пристроями охоронної й пожежної автоматики 1. Вихід реле (контакти замикання 5А, 220В). 2. Контроль ланцюга керування й живлення одного пристрою. 3. ШЗ для контролю стану виконавчого пристрою.
Адресна мітка керування оповіщенням, пожежогасінням МАУОП	Керування пристроями охоронної й пожежної автоматики. 1. Вихід реле (контакти замикання 3А, 24В) 2. Контроль шлейфа керування декількома пристроями.
Адресна мітка пожежогасіння МА-7ТС, додаткове живлення 24В МА-7ТС.12, живлення 12В МА-7ТСН, живлення 24В	1. Контроль шлейфа сигналізації з пожежними сповіщувачами, контроль вилучення сповіщувача. 2. Розрізняє одне й два спрацьовування в шлейфі. 3. Забезпечує скидання тривоги димових сповіщувачів, короткочасного відключення їхнього живлення. Струм споживання сповіщувачів у режимі чергування - до

	1 мА (для МА-7ТСН - від 1 до 2 мА).
Адресна мітка пожежна МА-7ТСУ, живлення 24В МА-7ТСУ.12, живлення 12В	1. Контроль шлейфа сигналізації з пожежними сповіщувачами, контроль вилучення сповіщувача. 2. Розрізняє одне й два спрацьовування в шлейфі. 3. Забезпечує скидання тривоги димових сповіщувачів, короткочасного відключення їхнього живлення. 4. Додатковий вихід керування сиреною (відкритий колектор 200 мА).
Модуль адресації пожежний МА-РК живлення 24В (12В).	1. Контроль пристрою зчитування Touch Memory (Proximity) для постановки/зняття об'єкта з охорони або включення автоматики пожежогасіння. 2. Контроль шлейфа сигналізації з пожежними сповіщувачами стану з контактним виходом. Максимальна кількість пожежних сповіщувачів - 20 шт
Розмикач лінії РЛ-1	Ізолятор короткозамкненої ділянки інформаційної лінії. 2. Подвоювач лінії.
МПП(Н)-6-КД-1-БСГ-У2, ПП-3	Виконавчий елемент. Модуль порошкового пожежогасіння «**BiZone**». Пристрій електронного пуску.
УПР-1	Виконавчий елемент. Роботизований лафетний стовбур.
DL 06-66/T	Оповіщувач для кріпленням на стелі, потужність 10 Вт, круглий, металевий, 100 V, білий, D-140мм.

Це призводить до появи сигналу на виході ПЕОМ й запуску імпульсів модуля керуючого МА-В 11, що вмикає один з виконавчих елементів 13 (лафетний стовбур УПР-1). Останній в свою чергу включає в роботу засіб пожежогасіння (на схемі не зображений). Одночасно вмикається сигнальний елемент 12, що інформує про виникнення пожежної ситуації. У випадку одночасного спрацьовування комбінації із двох датчиків (1-2),(1-3) пристрій працює за вище зазначеним алгоритмом.

У результаті досліджень експериментально встановлені основні характеристики автоматизованої системи керування оперативним пожежогасінням:

- середній час фіксації спрацьовування сповіщувачів – 300 мс;
- середня інертність спрацювання – 6 с;
- середній час скидання режиму «Пожежа» сповіщувачів – 5с;
- середня тривалість подачі вогнегасячого порошку виконавчим елементом (МПП(Н)-6-КД-1-БСГ-У2) – 15 с;
- середня тривалість подачі розпиленого струменя води (УПР-1) – 48 с;
- підключати адресні шлейфи будь-якої конфігурації: променевий, кільцевий при довжині лінії зв'язку до 2000м;
- встановлювати дублюючі пульти керування, видалення до 1000м.
- зберігати інформацію про всі події і обставини їх виникнення в енерго-незалежній пам'яті 1000 подій.
- загальна кількість адресних пристроїв – 384 на один приймально-контрольний прилад.

Висновки. В результаті проведених досліджень була розроблена система безпека виробництва та використання біогазу. На основі розробленої системи, а також останніх досягнень радіоелектроніки й інформаційної техніки можна сформулювати основні вимоги, яким повинна задовольняти сучасна автоматизована система безпеки технологічно небезпечних об’єктів. Щоб повною мірою використати створену на основі засобів обчислювальної й мікропроцесорної техніки систему безпеки, необхідно для кожного інформаційного фактора пожежі (дим, тепло, випромінювання полум'я й т.п.), а також для їхніх певних комбінацій розробити математичні моделі й відповідне інформаційне забезпечення на основі досить великого й експериментального матеріалу, що містить статистичну повноту.

© О.М. Пилипенко, М.В. Підгорний, І.А. Шльончак

Література

1. Устименко В. Питання енергозабезпечення автотранспорту України в умовах світової енергетичної кризи / В. Устименко // Перевізник UA. – 2008. – №15. – С. 28–30.

2. Ковтун Г. Альтернативні моторні палива / Г. Ковтун // Вісник НАН України. – 2005. – №2. – С. 19–27.

3. Долганов К.Є. Автомобілі з бензогазовими двигунами і газодизелями: особливості конструкції і технічного обслуговування / К.Є. Долганов, А.Г. Говорун, О.І. П'ятничко та ін. – К: Техніка, 1991. – 128 с.

4. Пилипенко О.М. Удосконалення системи подачі газового палива в дизельних двигунах / Пилипенко О.М., Шльончак І.А., Підгорний М.В. // «Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів». Збірник тез доповідей науково-практичної конференції. – Одеса-Коблево. – 08-11.09.2015. – с. 241-244.

5. Шльончак І.А. Исследование технико-экономических показателей дизеля в условиях его работы на биотопливе / IX Международная заочная научно-техническая конференция «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортних средств» Сборник статей. – Пенза. – 2015. – с. 410-418.

6. Підгорний М.В. Формалізована постановка задач проектування автоматизованих систем безпеки устаткування по створенню біогазу для автомобільної промисловості / III Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-16 квітня 2015р: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет.- Вінниця: ВНТУ. – 2015.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2016

© О.М. Пилипенко, М.В. Підгорний, І.А. Шльончак

УДК 621.73:620.191.32

М.В. Пікула, О.С. Стадник, Л.С. Серілко
Національний університет водного господарства та природокористування

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВІБРАЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ

Одним з ефективних шляхів підвищення інтенсивності очищення деталей у середовищі вільних абразивів є поєднання вібрацій робочої камери з іншими рухами – додатковим обертання навколо її осі, планетарного чи складного просторового руху, додаткових кутових коливань. У статті наведено принципову схему і аналітичне дослідження багатокамерної відцентрової установки з планетарним приводом

***Ключові слова**: очищення, вібрація, планетарний рух, оптимізація режимів відцентрово-вібраційної обробки.*

М.В. Пикула, А.С. Стадник, Л.С. Серилко
Национальный университет водного хозяйства и природопользования

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ВИБРАЦИОННОГО ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Одним из эффективных путей повышения интенсивности очистки деталей в среде свободных абразивов является сочетание вибраций рабочей камеры с другими движениями - дополнительным вращения вокруг ее оси, планетарного или сложного пространственного движения, дополнительных угловых колебаний. В статье приведены принципиальную схему и аналитическое исследование многокамерной центробежной установки с планетарным приводом

***Ключевые слова:** очистка, вибрация, планетарное движение, оптимизация режимов центробежно-вибрационной обработки.*

M. Pikula, O.Stadnyk, L. Serilko
National University of Water and Environment

IMPROVING THE EFFICIENCY AND QUALITY VIBRATION CLEANING EQUIPMENT FROM CONTAMINATION

One of the most effective ways to increase the intensity of cleaning equipment in an environment free of abrasives is a combination of camera vibrations working with other movements - additional rotation around its axis, planetary or complex spatial movement, more angular fluctuations. The article presents a schematic diagram and analytical study of multi installation with centrifugal planetary drive

***Keywords:** clean, vibration, planetary motion, optimization, centrifugal vibratory finishing.*

Важливе значення в підвищенні якості машинобудівної продукції мають високопродуктивні методи очищувальної технології. Світова практика свідчить про їх велике різноманіття, у розвитку яких має місце тенденція одночасного впливу на заготовки механічних навантажень і хімічних речовин, теплового й електричного полів, акустичної енергії в різноманітному поєднанні. Щоправда, поки що нема єдиного підходу до оцінки ефективності процесу. Вибір устаткування для конкретних умов багато в чому визначається традиціями, які склалися у галузі, кваліфікацією та суб'єктивними особливостями конструктора. Застосування високопродуктивних методів очищення сприяє інтенсифікації процесів, підвищує рівень механізації й автоматизації трудомістких робіт, ефективність і продуктивність праці.

Вирішенню поставлених задач сприяє розробка і впровадження нових високопродуктивних різновидностей вібраційно-відцентрової обробки (ВіВО), що представляє собою механічний процес обробки поверхневого шару заготовок частинками робочого середовища в результаті дії на них зі сторони робочої камери зусиль спрямованих вібрацій і відцентрових сил. Виникнення відцентрових сил обумовлено наданню вібруючій камері додаткового обертання навколо її осі, планетарного чи складного просторового руху, додаткових кутових коливань, що сприяє інтенсифікації обробки. Широкі технологічні можливості в поєднанні з значним впливом на фізико-механічні властивості поверхневого шару оброблених деталей ставить вібраційно-відцентровий метод в число найперспективніших методів обробки деталей машин.

Основною задачею в дослідженнях технологічних можливостей ВіВО є інтенсифікація технологічних процесів, зокрема форсуванням режимів обробки - оптимізацією режимів коливань і траєкторії, використання перехідних режимів, бігармонічних коливань.

© М.В. Пікула, О.С. Стадник, Л.С. Серілко

Розглянемо одну з схем установки, яка дозволяє реалізувати переваги вібраційно-відцентрової обробки [1]. Її схема представлена на рис.1, на рис.2 показано різні положення камери установки.

Багатокамерна відцентрова установка з планетарним приводом має нерухому центральну шестерню 1, яка входить у зачеплення з сателітами 2, осі яких несе водило 3. Останнє приводиться в обертання за допомогою пасової передачі 4 від двигуна 5. Сателіти 2 планетарних механізмів за допомогою ступиці 6 зв'язані з механізмами коливання робочих камер.

Механізм коливання виконаний у вигляді стояків 7 і 8, у квадратних отворах яких нерухомо встановлені торсіонні вали 9. Зі стояками 7 торсіонні вали 9 утворюють рухомі з'єднання - обертові пари. Торсіонні вали 9 також нерухомо встановлені в кронштейнах 10 платформ 11, а рухомо (з можливістю провертання) з'єднані з кронштейнами 12 платформ 11, на яких встановлені швидкознімні робочі камери 13. Осі сателітів 2 і торсіонних валів 9 лежать в одній площині. Від осьового переміщення торсіонні вали 9 фіксуються стопорними кільцями 14 і 15.

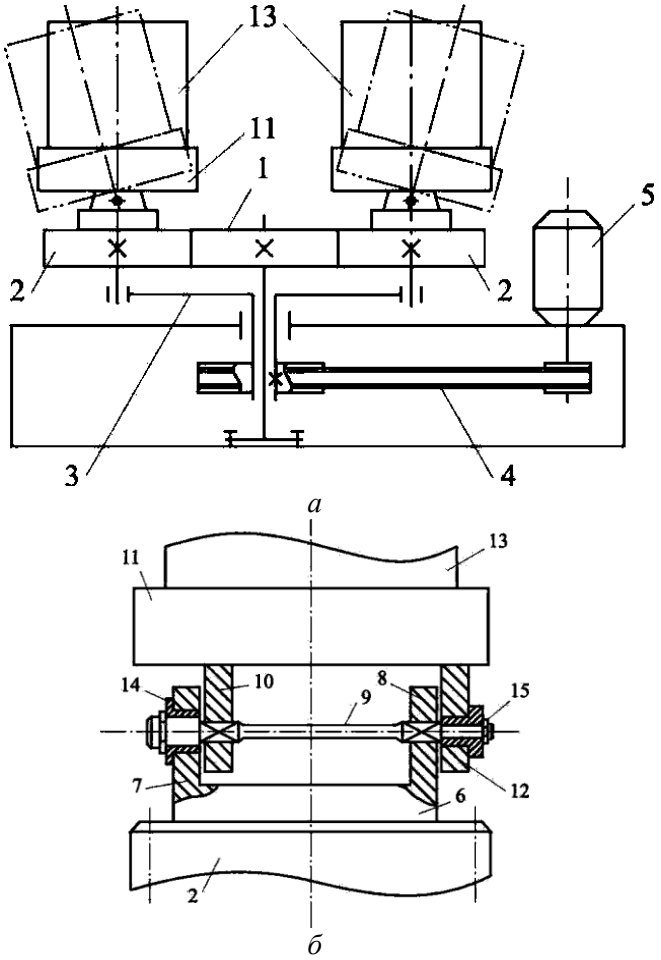


Рис.1. **Багатокамерна відцентрово-вібраційна установка, а – загальний вигляд, б - механізм коливання**

Установка працює в такий спосіб. Після встановлення завантажених робочих камер 13 на платформи 11 включається електродвигун 5. Робочі камери 13 починають здійснювати планетарний рух і, крім того, коливання. Це відбувається так.

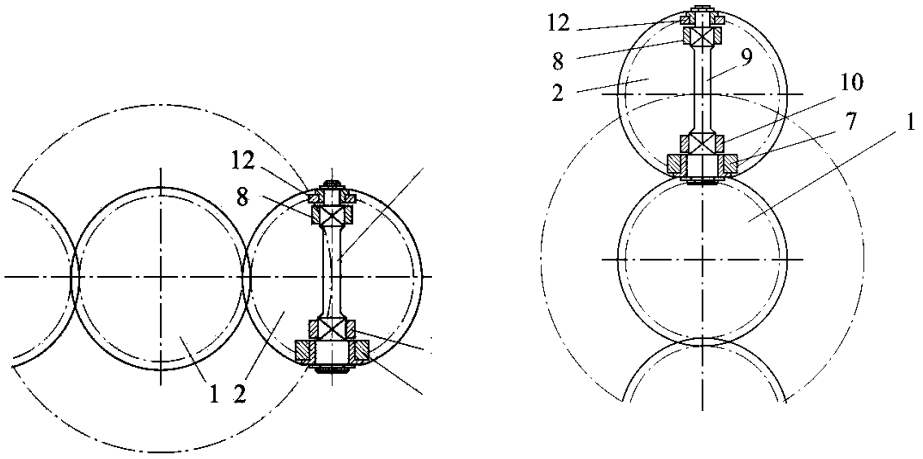
У процесі обертання на робоче середовище і камери 13 діють відцентрові сили. Відцентрові сили від переносного руху - обертання робочих камер 13 відносно осі центральної шестерні 1 - прагнуть повернути робочі камери 13 відносно осей торсіонних валів 9. У момент, коли осі торсіонних валів 9 (рис.2, а) дотичні до траєкторії точки перетину осей сателітів 2 і осей торсіонних валів 9, відбувається поворот платформи 11 з робочими камерами 13 відносно осей торсіонних валів 9. Поворот здійснюється таким чином, що відцентрові сили, які діють на робочі камери 13, передаються кронштейнам 10 платформ 11. Оскільки кронштейни нерухомо зв'язані з торсіонними валами 9, відбувається поворот торсіонних валів 9 відносно стояків 8, з якими торсіонні вали 9 з'єднані також нерухомо. Торсіонні вали 9 закручуються і робочі камери 13

© М.В. Пікула, О.С. Стадник, Л.С. Серілко

займають похиле положення до горизонтальної площини, в результаті чого змінюється циркуляція робочого середовища в робочих камерах 13.

При подальшому обертанні робочих камер 13 відбувається розкручування торсіонних валів 9 за рахунок його пружних сил. У положеннях, коли осі торсіонних валів 9 радіальні до траєкторії точки перетину осей сателітів 2 і осей торсіонних валів 9 (рис.2, б) відбувається повне повернення торсіонних валів 9 у початкове положення. Під дією сил інерції робочих камер 13 від прискореного повороту торсіонних валів 9 і дії відцентрових сил при подальшому обертанні робочих камер 13 торсіонні вали 9 закручуються у протилежну сторону. Таким чином відбувається зміна напряму циркуляції робочого середовища.

При повороті робочих камер 13 відносно своїх осей на 360 градусів, торсіонні вали виконують по одному повному коливанню відносно своїх осей. Поєднання планетарного руху робочих камер з коливаннями підвищує інтенсивність обробки. А з'єднання платформ 11 робочих камер 13 з сателітами 2 через торсіонні вали 9 забезпечує коливання робочих камер за рахунок відцентрових сил, завдяки чому конструкція установки спрощується – відсутні складні механізми створення коливань.



а б

Рис.2. **Багатокамерна відцентрово-вібраційна установка: а - положення торсіона, що відповідає максимальному повороту платформи з робочою камерою під дією відцентрових сил, б - положення торсіона, при якому відбувається повне повернення платформ з робочими камерами у вихідне положення.**

Для дослідження руху камери розглянемо її рух (вважаючи твердим тілом) відносно системи координат *XAY*, яка зв'язана з рухомим колесом 2, що здійснює плоскопаралельний рух завдяки водилу OA, з яким зв'язана система координат X_1AY_1 (рис.3).

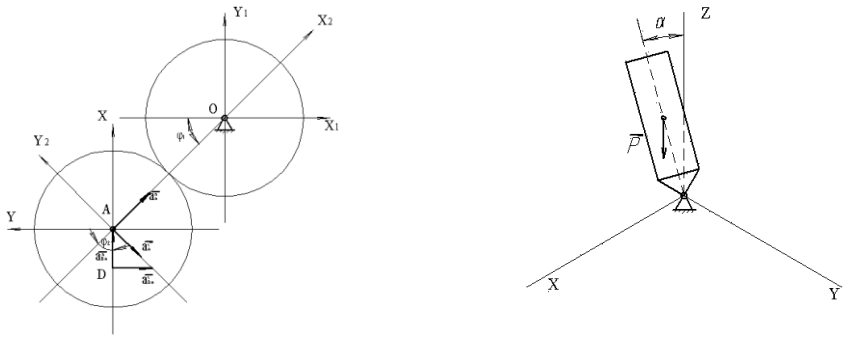


Рис.3. **Розрахункова схема установки**

Нерухому систему координат зв'яжемо з нерухомим колесом 1. Шестерня 2 обертається з кутовою швидкістю ω_2

© М.В. Пікула, О.С. Стадник, Л.С. Серілко

$$\omega_2 = \frac{\omega_1(r_1 + r_2)}{r_2} \tag{1}$$

де r_1 і r_2 – радіуси коліс, ω_1 – кутова швидкість водила.

Прискорення точки С (центра ваги камери) буде дорівнювати:

$$\vec{a}_c = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_k \tag{2}$$

де a_c – переносне прискорення ;

$$\vec{a}_e = \vec{a}_D, \tag{3}$$

де $a_Д$ – прискорення точки Д - проекції точки С на шестерню 2

$$\vec{a}_D = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau + \vec{a}_{DA}^n + \vec{a}_{DA}^\tau \tag{4}$$

$$a_A^n = \omega_1^2 OA \tag{5}$$

$$a_A^\tau = \varepsilon_1 OA \tag{6}$$

$$a_{DA}^n = \omega_2^2 AD \tag{7}$$

$$a_{DA}^\tau = \varepsilon_2 AD \tag{8}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1(r_1 + r_2)}{r_2} \tag{9}$$

a_r – відносне прискорення точки С; $a_к$ – прискорення Коріоліса.

Запишемо теорему про зміну кінематичного моменту механічної системи відносно осі Y:

$$\frac{dLy}{dt} = \sum_{k=1}^{n} m_ц(\vec{F}_K^C) \tag{10}$$

На точку С діють сили: P – сила тяжіння, $Ф_e$ – переносна сила інерції.

Момент коріолісової сили інерції відносно осі Y дорівнює нулю.

$$Ф_e = ma_e \tag{11}$$

$$P = mg \tag{12}$$

Вважаючи момент інерції камери відносно осі Y $I_y = ml^2$ отримаємо

$$L_y = ml^2 \frac{d\alpha}{dt} \tag{13}$$

де $l = Z_c$ - відстань від центра ваги камери до осі обертання.

З врахуванням вищенаведеного рівняння иатиме вигляд

$$\frac{dLy}{dt} = mgl\sin\alpha + m\omega_2^2 l^2 \sin\alpha\cos\alpha + m\omega_1^2(r_1 + r_2)l\cos\alpha\cos\varphi_2 - k\alpha \tag{14}$$

Приймемо, що водило обертається з постійною швидкістю, тобто $\omega_1 = const$ і $\varepsilon_1 = 0$. При малих кутах $\sin\alpha \approx \alpha$ і $\cos\alpha \approx 1$.

Перейдемо від незалежного параметра t (часу) до кута повороту φ_2 . Тоді:

$$\varphi_2 = \omega_2 t \tag{15}$$

© М.В. Пікула, О.С. Стадник, Л.С. Серілко

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{\omega_2 d^2\alpha}{d\varphi_2^2} \tag{16}$$

Введемо позначення

$$A = \frac{gl + \omega_2^2 l^2 - k}{\omega_2 l^2} \tag{17}$$

$$\frac{k}{\omega_2 m l^2} = \beta\,, \tag{18}$$

де k – жорсткість торсіона (Нм /рад), m – маса камери з завантаженням.

Тоді диференційне рівняння руху буде мати вигляд:

$$\frac{d^2\alpha}{d\varphi^2} = A\alpha - B\cos\varphi_2 \tag{19}$$

Його розв'язком є:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha^*\,, \tag{20}$$

$$\text{де } \alpha_1 = c_1 \sin k_1\varphi_2 + c_2 \cos k_1\varphi_2 \tag{21}$$

- загальний розв'язок

$$\alpha^* = D\cos k_2\varphi_2 \tag{22}$$

- частинний розв'язок. Тут c_1 і c_2 - сталі інтегрування, які визначаються з початкових умов; D – константа.

Отриманий розв'язок руху робочих камер наведеної відцентрової установки дозволяє оптимізувати геометричні і кінематичні параметри установки, які можуть бути використані при проектування конструкцій відцентрових установок.

Література

1. Устройство для центробежной обработки деталей. Пикула Н.В., Мороз В.М. Авторское свидетельство № 1731605. Опубл. 17.05.92. Бюл.№17

Стаття надійшла до редакції 11.04.2016

© М.В. Пікула, О.С. Стадник, Л.С. Серілко

УДК 330.131.7:656.13

В.А. Познаховський
Національний університет водного господарства та природокористування

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ У ДІЯЛЬНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

В статті розглянуті найбільш поширені методи кількісної оцінки ризиків підприємства. Досліджені переваги та недоліки цих методів, умови їх застосування. Обґрунтовано доцільність використання цих методів в процесі управління ризиками підприємства.

Ключові слова: *ризики, інформація, методи кількісної оцінки, ймовірність виникнення ризиків, величина втрат.*

В.А. Познаховський
Национальный университет водного хозяйства и природопользования

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статьи рассмотренные наиболее распространенные методы количественной оценки рисков предприятия. Исследованные преимущества и недостатки этих методов, условия их приложения. Обоснованно целесообразность использования этих методов в процессе управления рисками предприятия.

Ключевые слова: *риски, информация, методы количественной оценки, вероятность возникновения рисков, величина потерь.*

V. Poznakhovskiy
National University of Water and Environment

FEATURES OF APPLICATION OF STATISTICAL METHODS OF QUANTITATIVE ESTIMATION OF ECONOMIC RISKS ARE IN ACTIVITY OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

Advantages and disadvantages of these methods, the conditions of their application are determined. Feasibility of using the methods in the process of company risks management is based.

Keywords*: risks, information, methods of quantitative evaluation, likelihood of risks, value losses.*

Постановка проблеми. Конкурентоспроможність автотранспортних підприємств (надалі АТП) багато в чому залежить від досконалого володіння ринковою інформацією, вміння своєчасно враховувати фактори ризику і невизначеності у господарській діяльності.

Ризик пов’язаний та багато в чому зумовлений невизначеністю ситуації, що складається на ринку транспортних послуг. Вирізняють математичну і статистичну невизначеність. Остання є найтиповішою для бізнесу: всі нові методи аналізу ризиків (теорія гри, методи аналізу доцільності затрат, використання аналогів, аналітичних даних або експертних оцінок) передбачають використання статистичної інформації про результати фінансово-економічної діяльності підприємства.

Серед ризиків, що впливають на конкурентоспроможність підприємств АТП, можливо виділити за сферою виникнення їх дві групи: зовнішні і внутрішні.

Потреба у підвищенні ефективності процесу управління ризиками АТП зумовлює необхідність формування комплексного аналізу ризиків підприємства, який полягає у здійсненні якісного аналізу та обов’язковому його доповненні кількісною оцінкою. Основним завданням якісного аналізу ризиків є виявлення зовнішніх і внутрішніх факторів ризику та здійснення ідентифікації всіх можливих ризиків, пов’язаних з діяльністю АТП. Тоді ж як кількісна оцінка виявлених під час якісного аналізу ризиків має на меті числове визначення рівня окремих видів ризиків та ризику діяльності АТП в цілому.

Методи кількісної оцінки розглядалися багатьма науковцями [1-5], проте в нашому дослідженні, ми вважаємо, варто розглянути найбільш поширені з них, детально зупинитись на умовах їх використання, перевагах та недоліках з метою визначення доцільності їх застосування в діяльності АТП.

© В.А. Познаховський

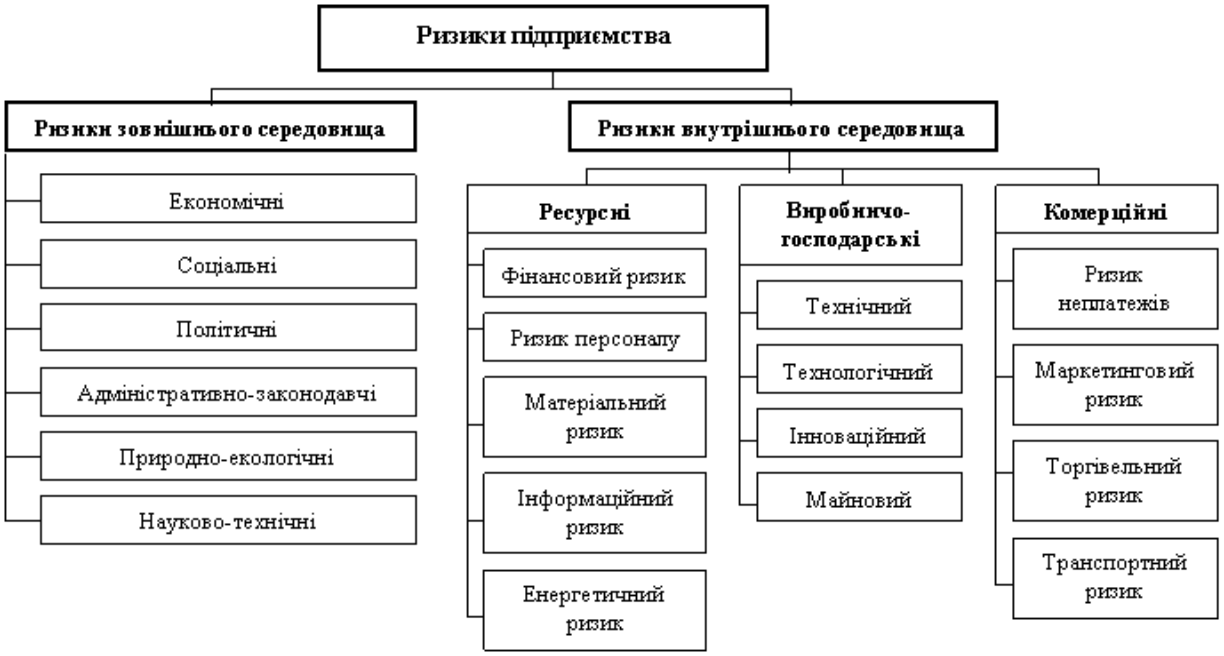


Рис. 1. **Класифікація ризиків підприємства за сферою виникнення**

Метою статті є визначення переваг та недоліків, умов та доцільності застосування статистичних методів кількісної оцінки ризиків діяльності автотранспортного підприємства.

Результати досліджень. Одним із найпоширеніших методів кількісної оцінки ризиків діяльності підприємств є статистичний. Цей метод ґрунтується на теорії ймовірностей розподілу випадкових величин [2, с.255]. Маючи достатню кількість статистичної інформації про реалізацію визначених ризиків у минулих періодах, суб'єкт господарювання може оцінити ймовірність реалізації їх у майбутньому.

При проведенні кількісного аналізу ризиків статистичним методом спочатку аналізується статистика втрат від ризиків, що мали місце у попередніх періодах функціонування суб'єкта господарювання чи в аналогічних видах діяльності інших підприємств. На основі цього визначається розмір втрат від дії ризиків та частота їх появи. При застосуванні цього способу в загальне число випадків, що використовуються в розрахунках, необхідно включати ще й ті види та напрями діяльності, за результатами яких підприємство отримало прибуток, а не збиток, оскільки їх ігнорування може призвести до завищення показників втрат від впливу ризиків.

В межах цього методу використовується безліч інструментів, серед яких є дисперсія (середньоквадратичне відхилення), коефіцієнт варіації, семіваріації та інші [2, с.257-260]. Вибір конкретного інструменту залежить від сфери діяльності підприємства, наявної інформації, від рішення, яке аналізується, а також інших об'єктивних та суб'єктивних факторів.

Перевагами даного методу є можливість оцінки усіх наявних ризиків за умови достатньої вибірки, відносна простота розрахунків при використанні комп'ютерних статистичних пакетів. Істотним недоліком статистичного методу є необхідність великої кількості даних, які не завжди є в розпорядженні автотранспортного підприємства. Негативними сторонами застосування статистичних методів аналізу ризиків, на нашу думку, є неврахування фактору часу, а також використання при розрахунках складних ймовірнісних показників, що є незручним для управлінського персоналу.

Експертний метод (метод експертних оцінок) базується на отриманні бальних оцінок щодо ймовірності виникнення того чи іншого виду ризику, а також щодо ступеня його впливу на діяльність підприємства. Даний метод використовується при відсутності інформації про вплив ризиків на автотранспортне підприємство або при її неповноті, що є його перевагою.

Недоліком цього методу є відсутність гарантій достовірності отриманих оцінок.

Аналітичний метод оцінювання ризику є комбінацією статистичного оцінювання і принципів експертного аналізу [2, с.269]. Цей метод базується на використанні математичних методів та включає в себе такі основні етапи:

1) аналітична обробка отриманої інформації;

2) побудова діаграми залежності вибраних результативних показників від величини вихідних параметрів;

3) визначення критичних значень ключових параметрів;

4) аналіз факторів, які впливають на ключові параметри, можливості підвищення ефективності діяльності підприємства та зниження впливу ризиків.

Перевага аналітичного методу полягає в тому, що він дає можливість здійснити пофакторний аналіз параметрів, які впливають на ризик, і виявити способи зниження його рівня шляхом впливу на ці параметри. Недолік даного методу – великі витрати на використання. Тому він може застосовуватися лише на великих автотранспортних підприємствах, які володіють значними ресурсами.

Метод доцільності витрат ґрунтується на порівнянні понесених витрат із отриманими результатами, тобто оцінюється ефективність роботи автотранспортного підприємства. Для цього використовуються встановлені зони (області) ризиків: область абсолютної стійкості, нормальної стійкості, нестійкого стану, критичного стану та область кризового стану. Розрахунок показників фінансової стійкості автотранспортного підприємства дозволяє визначити в яку область ризику на даному етапі потрапляє підприємство і чим воно ризикує за таких обставин.

Недоліком цього методу є те, що автотранспортне підприємство при визначенні ступеня ризику не аналізує джерел його походження, а сам ризик сприймає як цілісну величину, не враховуючи при цьому окремих ризиків. Таким чином, ігнорується багатогранність даного явища. Такий метод доцільно використовувати на автотранспортних підприємствах, які спеціалізуються на одному виді діяльності. Якщо підприємство займається кількома видами діяльності, то аналіз доцільності витрат необхідно проводити по кожному виду окремо. Перевага цього методу полягає у тому, що, знаючи статтю витрат, у якої ризик максимальний, можна виявити методи його зниження.

Метод аналогій застосовується тоді, коли інші методи оцінки ризику неприйнятні через відсутність фінансових, інформаційних, людських ресурсів тощо. Недоліком даного методу є відсутність достовірної інформації про функціонування інших автотранспортних підприємств, що створює викривлені результати їх діяльності та призводить до невірних кроків у прийнятті рішень з питань управління ризиками. Крім того, застосовуючи метод аналогій, як і при використанні статистичного методу, не береться до уваги фактор часу.

Таким чином, охарактеризувавши основні методи комплексного аналізу ризиків можна відзначити, що використання кожного з них має свої переваги та недоліки. Прийняття рішення про доцільність застосування того чи іншого методу залежатиме, на нашу думку, від таких факторів:

1) сфери діяльності суб’єкта господарювання;

2) видів і джерел ризику;

3) необхідних ресурсів (інформаційних, трудових, фінансових);

4) інших особливостей суб’єкта господарювання, якому властиві певні види ризиків.

Для наочності у табл. 1 представимо характеристику основних методів комплексного аналізу (оцінки) ризиків АТП.

Серед традиційних статистичних методів і прийомів, за допомогою яких здійснюється оцінка економічних ризиків діяльності АТП, найпоширеніші такі:

- використання абсолютних і відносних величин;
- використання середніх величин;
- використання показників варіації;
- побудова рядів динаміки;
- балансовий метод;
- кореляційно-регресійний метод аналізу;
- індексний метод.

Абсолютні величини економічних явищ і процесів — це конкретні числові вирази цих явищ і процесів (обсяг виробництва, сума доходів, витрат, прибутку тощо). Без використання даних про ці величини аналіз найчастіше не може бути повноцінним, проте, на противагу статистиці, де абсолютні величини є основними вимірниками, в аналізі вони служать головним чином для розрахунку відносних і середніх величин.

Відносні величини — це величини, які встановлюються шляхом порівняння з будь-якими іншими (процент, питома вага, індекс, темп зростання, прибуток на одну гривню вкладеного капіталу тощо). Тільки відносні величини дають точне і наочне уявлення про розвиток того чи іншого економічного явища.

© В.А. Познаховський

Таблиця 1

Порівняльна характеристика основних методів кількісної оцінки ризиків діяльності підприємства

Методи кількісної оцінки	Умови застосування	Переваги	Недоліки	Доцільність застосування
1.Статистичний метод	Достатня кількість інформації про ризикові ситуації та їх фінансові наслідки, відомі дані про минулі періоди господарювання	Простота розрахунків, можливість одержання найбільш повної та достовірної інформація про рівень ризиків	Необхідність великої кількості достовірних даних, не аналізуються джерела походження ризику, неврахування фактору часу	Висока (відіграє першочергову роль в оцінці ризику, оскільки, як правило, існує значний обсяг статистичної інформації)
2.Експертний метод	Наявність досвідчених та кваліфікованих експертів, збирання і обробка інформації про підприємство і про фактори, що зумовлюють визначений рівень ризику, дефіцит інформації або нестача часу на її збір та обробку	Простота розрахунків, можливість оцінки ризиків, що не піддаються аналізу іншими методами	Суб'єктивність здобутих результатів (відсутність гарантій достовірності отримання незалежної експертної оцінки)	Висока (враховує досвід, професійність обраних експертів та є відносно дешевим та швидким способом оцінки ризику)
3.Аналітичний метод	Наявність об'єктивної і точної інформації про фінансовий стан підприємства та ефективність використання усіх його ресурсів, про усіх учасників ринку	Можливість проведення пофакторного аналізу параметрів, які впливають на ризик і пошук шляхів зниження їх впливу	Складність розрахунків, недостатньо розроблений для підприємницької діяльності	Відносно висока (дозволяє більш глибоко, професійно підійти до проблеми і оцінити її, проте може бути тривалою і дорогою)
4.Метод доцільності витрат	Наявність звітності підприємства	Простота розрахунків, пошук ризиків через співставлення витрат	Не враховується вплив окремих ризиків і фактор часу	Відносно висока (оцінюється ефективність інвестування у певний проект чи угоду)
5. Метод аналогій	Наявність аналогів і незмінність умов господарювання	Можливість використання попереднього досвіду	Необхідність повної та достовірної інформації, не враховується фактор часу	Відносно висока (головний аналог – тенденції, які мали місце в минулому і прогнозуються у майбутньому)

Аналіз показників варіації передбачає можливість застосування низки показників, які базуються, переважно на оцінці ступеню мінливості окремих значень певних параметрів господарського рішення навколо середнього значення. Найчастіше в спеціальній літературі пропонується використання таких показників варіації, як математичне очікування, середньоквадратичне відхилення, дисперсія, коефіцієнти варіації. При цьому чим більші значення

показників варіації, тим вищий ступінь мінливості, тим неоднорідніше досліджувана сукупність, тим вища непевність і ризик щодо отримання очікуваних результатів рішення. Тому аналіз показників варіації має найширше застосування підчас обґрунтування рішень, пов'язаних з ризиком.

Аналіз динамічних рядів застосовують при оцінці змін певних параметрів господарських рішень у часі, встановленні тенденцій та складанні різноманітних прогнозів. Наприклад, можливо вивчити тенденції та спрогнозувати попит на продукцію підприємства та ін.

Таблиця 2

Основні показники динамічного ряду

Назва показника	Формула розрахунку
1.Абсолютний приріст * ланцюговий * базисний	 $\triangle У_i = У_i - У_{i-1}$ $\triangle У_i = У_i - У_1$
2. Середній абсолютний приріст	$У_n = (У_n - У_1) / n-1$
3.Коефіцієнт зростання * ланцюговий * базисний	 $К_р = У_i / У_{i-1}$ $К_р = У_i / У_1$
4. Коефіцієнт приросту	$К_{пр} = К_р - 1$
5. Середній коефіцієнт зростання	$\overline{Кр} = \sqrt[n-1]{Уn / У1}$
6. Середній коефіцієнт приросту	$\overline{Кпр} = \overline{Кр} - 1$
7. Абсолютний розмір 1% приросту * ланцюговий * базисний	 $\triangle \overline{y} = У_i / 100$ $\triangle \overline{y}_{1\%} = \triangle \overline{y} / \overline{Кпр}$
8. Коефіцієнт випередження	$К = У_i / У_{i-1}$

Балансовий метод — це відображення й аналіз кількох (найчастіше — двох) груп взаємопов’язаних і взаємоврівноважених економічних показників. У формі балансу підприємство планує свою фінансову діяльність (баланс доходів і видатків), звітує про стан своїх фінансових ресурсів та їх розміщення (бухгалтерський баланс); велике аналітичне значення має складання матеріальних балансів, балансів робочого часу і часу роботи устаткування тощо.

Балансовий метод дає змогу аналізувати забезпеченість фінансово-господарської діяльності підприємств ресурсами (трудовими, матеріальними, фінансовими) шляхом досягнення рівності аналізованих взаємопов’язаних показників.

Кореляційно-регресійний метод аналізу взаємозв'язків застосовується для встановлення наявності, щільності та істотності зв'язків між окремими чинниками, які визначають результати певного господарського рішення та дозволяють намітити заходи щодо підвищення його ефективності.

Цей метод доцільно використовувати у тих галузях, що стикаються зі значними циклічними коливаннями, викликаними сезонним характером виробництва.

Тому, кореляційно-регресійний метод широко використовує залежність, яка має назву рівняння тренда.

Тренд, який звично називають часовим трендом, відображає тенденцію зміни досліджуваного процесу у часі. Рівняння тренда може бути описано широким спектром залежностей, наведених у таблиці 3.

Таблиця 3

Рівняння, що використовуються для побудови екстраполяції трендів

Вид залежності	Формула рівняння
1. Лінійна	$У = a_0 + a_1 t$
2. Квадратична	$У = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$
3. Степенева	$У = a^t$
4. Показникові	$У = a_0 a_1^t$
6. Гіперболічна	$У = a_0 + (a_1 / t)$

© В.А. Познаховський

Для використання тренда як інструмента аналізу необхідно чисельно оцінити параметри рівняння (a_0, a_1).

Параметри рівняння визначаються за допомогою методу найменших квадратів:

$$\sum (y_i - \bar{y}_i) = \min,$$

де y_i – фактичне значення функції;

$\bar{y}_i$ – розрахункове значення функції, яке визначається на основі відібраного рівняння.

Якість рівняння оцінюється за системою показників. Найбільш суттєвими серед них є коефіцієнт парної кореляції – для лінійного рівняння і парне кореляційне співвідношення – для всіх нелінійних рівнянь, які відображають щільність зв'язку між результативним показником та факторною ознакою.

Індексний метод застосовується для вивчення у динаміці економічних явищ, які формуються під впливом кількох факторів, кожен з яких схильний до змін у динаміці.

Таблично-графічний метод є допоміжним методом при використанні інших статистичних методів, надаючи результатам обчислення певних статистичних показників більшої наочності та зрозумілості.

Всі статистичні методи взаємопов'язані між собою, тому є доцільним їх комплексне застосування підчас кількісної оцінки впливу економічних ризиків на діяльність АТП. Головною умовою застосування статистичних методів є наявність репрезентативних вибірок. На практиці складно зібрати досить репрезентативні вибірки. Тому можливе штучне формування вибірки на основі комп'ютерної імітації або комплексне застосування статистичних і експертних методів аналізу.

Таким чином, статистичні методи відіграють важливу роль підчас обґрунтування господарських рішень. Їх грамотне застосування сприяє успішній реалізації розроблюваних рішень і сталому розвитку автотранспортного підприємства.

Висновки. Важливо наголосити, що у багатьох випадках окремо кожний метод аналізу ризиків не може дати однозначних рекомендацій, тому у процесі розробки управлінських рішень необхідно застосовувати комплекс методів, що дасть змогу перевірити та доповнити дані, отримані за допомогою одного методу, результатами інших.

З огляду на вище викладене, для того щоб провести ефективний комплексний аналіз економічних ризиків необхідно зібрати та систематизувати достовірну інформацію про діяльність АТП, зовнішнє середовище, використовувати різні методи кількісної оцінки, щоб враховувати особливості різних видів ризиків, які виявлені шляхом якісного аналізу, а також велике значення має терміновість та технічні можливості проведення аналізу.

Література

1. Вітлінський В. В. Ризикологія в економіці та підприємництві: монографія / В. В. Вітлінський, Г. І. Великоіваненко. – К. : КНЕУ, 2004. – 480с.

2. Лук'янова В. В. Економічний ризик: навч. посіб. / В. В. Лук'янова, Т. В. Головач. – К.: Академвидав, 2007. – 262с.

3. Лопатовський В.Г. Особливості застосування методів кількісної оцінки ризиків за сучасних умов господарювання // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 6, Т. 2. – С. 117-120.

4. Хохлов Н. В. Управление риском: учеб. пособие / Н. В. Хохлов. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 239с.

5. Черкасов В.В. Проблемы риска в управленческой деятельности: монография / В. В. Черкасов. – М.: Рефл-бук, 1999. – 288с.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2016

© В.А. Познаховський

УДК 656.11

В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський
Національний транспортний університет

МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ НЕБЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ДЛЯ ЙОГО УЧАСНИКІВ

Робота дає можливість визначити основні напрямки підвищення безпеки учасників дорожнього руху – зниження об'єктивної небезпеки і ефективного впливу на мотивацію учасників. Відсутність критерію для оцінки вагомості кожного фактору у скоєння ДТП не дозволяє досягати ефективності при розробці комплексу заходів щодо підвищення безпеки руху через зменшення небезпеки для його учасників. Дослідження, що стосуються моделювання дорожньо-транспортних ситуацій з метою розробки комплексу заходів щодо зменшення небезпеки руху для його учасників, мають бути спрямовані на: 1) визначення ризику від впливу факторів ризику (їх сукупності), 2) на основі визначеної величини ризику оцінка можливого збільшення кількості ДТП, що пов'язані з дією цього фактора ризику (їх сукупності). Що стосується оцінки можливостей водіїв та інших учасників дорожнього руху, то існує величезне поле діяльності. Потрібно розробити об'єктивну і доступну систему оцінки можливостей з наступними рекомендаціями, усуненням «вузьких місць» і коригуванням кривої ризику. Зараз спеціальна підготовка вразливих учасників дорожнього руху недостатня, і вони повністю надані собі.

Ключові слова: *безпека дорожнього руху, дорожньо-транспортна пригода, безпека руху, дорожній рух, дорожньо-транспортні системи, автомобілізація.*

В.П. Полищук, А.Т. Лановой, В.И. Ересов, О.Н. Куницкая, А.А. Корчевская, А.А. Корчевский
Национальный транспортный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ЕГО УЧАСНИКОВ

Работа дает возможность определить основные направления повышения безопасности участников дорожного движения - снижение объективной опасности и эффективного воздействия на мотивацию участников. Отсутствие критерия для оценки значимости каждого фактора в совершении ДТП не позволяет достигать эффективности при разработке комплекса мер по повышению безопасности движения через уменьшения опасности для его участников. Исследования, касающиеся моделирования дорожно-транспортных ситуаций с целью разработки комплекса мероприятий по уменьшению опасности движения для участников, должны быть направлены на: 1) определение риска влияния факторов риска (их совокупности), 2) на основе определенной величины риска оценка возможного увеличения количества ДТП, связанных с действием этого фактора риска (их совокупности). Что касается оценки возможностей водителей и других участников дорожного движения, то существует огромное поле деятельности. Нужно разработать объективную и доступную систему оценки возможностей со следующими рекомендациями, устранением «узких мест» и корректировкой кривой риска. Сейчас специальная подготовка уязвимых участников дорожного движения недостаточна, и они полностью предоставлены себе.

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения; дорожно-транспортное событие, безопасность движения, дорожное движение, дорожно-транспортные системы, автомобилизация.*

V. Polischuk, A. Lanovyy, V. Yeresov, O. Kunitska, A. Korchevska, A. Korchevskuy
National Transport University

MODELING USLOVYY ROAD SAFETY MOVEMENT FOR EGO PARTICIPANTS

Work enables us to determine the main directions of improving the safety of road users - reduction objective danger and effective impact on the motivation of the participants. The absence of criteria for assessing of each factor in the commission does not allow achieving efficiency in the development of a set of measures to improve road safety by reducing the risk for its participants. Research on simulation of traffic situations develops a set of measures to reduce the risk of movement for the participants, should direct to two lines. Firs: determine the risk of influence of risk factors (taken together). Second: based on a certain amount of risk assessment of the possible increase in the number of accidents, the action associated with this risk factor (their entirety). With regard to the assessment of opportunities and drivers of other road users, there is a vast field of activity. It is necessary to develop an objective and available capacity evaluation system with the following recommendations, the elimination of "bottlenecks" and the adjustment of the risk curve. Now the special training of vulnerable road users is not enough, and they have completely given themselves.

Keywords: *road safety; road transport event, traffic safety, traffic, road traffic system, motorization.*

Постановка проблеми. Відсутність критерію [1] для оцінки вагомості кожного фактора у скоєння ДТП не дозволяє досягати ефективності при розробці комплексу заходів щодо підвищення безпеки руху через зменшення небезпеки для його учасників. Під ефективністю заходів з безпеки дорожнього руху слід розуміти кількість ДТП, що вдалося попередити (запобігти) на грошову одиницю фінансових ресурсів, виділених на підвищення безпеки руху.

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

Таким чином, дослідження, що стосуються моделювання дорожньо-транспортних ситуацій з метою розробки комплексу заходів щодо зменшення небезпеки руху для його учасників, мають бути спрямовані на:

1) визначення ризику від впливу факторів ризику (їх сукупності),

2) на основі визначеної величини ризику оцінка можливого збільшення кількості ДТП, що пов'язані з дією цього фактора ризику (їх сукупності).

Моделювання небезпеки дорожнього руху для його учасників можна представити алгоритмом (рис. 1):

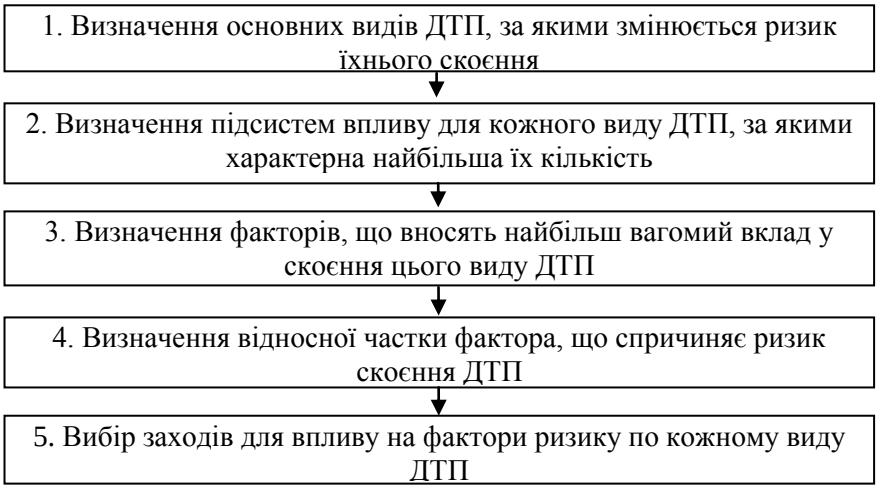


Рисунок 1 - **Алгоритм проведення дослідження через моделювання небезпеки дорожнього руху для його учасників**

На підставі цього **метою роботи** є визначення основних направлень підвищення безпеки учасників дорожнього руху – зниження об'єктивної небезпеки та ефективної дії на мотивацію учасників.

Результати досліджень

1. Небезпека дорожнього руху для його учасників

Під небезпекою дорожнього руху для його учасників слід розуміти можливість виникнення обставин, при яких появляються фактори впливу, такі як матерія, поле, інформація або їхнє поєднання, що можуть таким чином вплинути на складну систему «Учасники дорожнього руху – Транспортні потоки – Дорожні умови – Дорожньо-транспортне середовище» (УТДС), що приведе до погіршення або неможливості її функціонування і розвитку, тобто таких, які вносять найбільш вагомий вклад у створення заторів у русі, неможливості забезпечення автономності руху окремих його учасників, загазованості навколишнього середовища та шуму, і, насамкінець, скоєння ДТП.

Небезпека дорожнього руху для його учасників, у залежності від своєї природи, кількісної та якісної характеристики, тривалості дії, може призвести до наступних негативних наслідків для людини: відчуття дискомфорту; втоми; травм різної тяжкості; загибелі.

2. Аналіз мотивів та ризики поведінки учасників дорожнього руху

Відомо, що аварійність залежить від психофізіологічних якостей людини – водія, пішохода, возія і т.д. Тут соціальна (психологічна) складова визначає його мотивацію та поводження, що виявляється в прийнятті тих або інших рішень. Фізіологічна складова визначає можливості людини й пов'язана з відомим ланцюжком дій: оцінка ситуації – оцінка свого положення і можливостей – ухвалення рішення – виконання рішення. При цьому можлива повторна, прискорена оцінка ситуації та своїх дій і корегування рішень. Усі ці дії виконуються не миттєво, а в реальному масштабі часу, що може бути порівнянний з фактичним часом, при цьому чим менше поточного часу, тим більше імовірність помилки й небезпечнішою є ситуація.

Оскільки у кожної людини є свої особливості – один добре і швидко «читає» дорожню обстановку, але повільно приймає рішення, інший – навпаки, третій має проблеми з виконанням рішень, четвертий – погано бачить або чує – і майже ніхто не робить все швидко та добре. Тому кожній людині для правильних дій необхідний свій час, а в даній конкретній дорожньо-транспортній ситуації від кожного можна чекати нераціональних дій, особливо при дефіциті часу. А час, як відомо, пов'язаний зі швидкістю руху, видимістю, зрозумілістю руху конфліктуючих учасників і прогностичністю їхніх дій тощо. Що стосується нетверезого стану, похвалок, агресивності і т.п., то вони завжди відіграють однозначно негативну роль і є несумісними з

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

поняттям «безпека руху».

Дуже складне питання оцінки своїх можливостей – не кожний може поступати так, «як усі», а перевіряти свої можливості ціною ДТП є не найкращим способом. Уже згадувалося, що водії, на жаль, поки ніде не можуть одержати об'єктивну оцінку своїх можливостей, хоча це посильна задача. Тому водіям потрібно хоча б побільше читати на цю тему – такої літератури багато і можна знайти цікаві та корисні роботи. Наприклад: більшість водіїв без пасажирів їдуть швидше, ніж з пасажирами, що цілком природно. Однак водії-афроамериканці у південних штатах США, навпаки, з пасажирами їдуть швидше, ніж без пасажирів. Відповідь досить проста – випробуючи визначене переконання «білої більшості» у своїй нібито неповноцінності, вони доводять пасажирам, що ні в чому не поступаються білим, що вони є найкращими водіями. На цьому прикладі видно, які несподівані фактори можуть впливати на аварійність і що «дріб'язків» у справі безпеки дорожнього руху не буває.

Іншими учасниками дорожнього руху, крім водіїв, є пішоходи. Організація та безпека дорожнього руху вимагають урахування всіх факторів, що характеризують пішохідні потоки, у тому числі, тих, що пов'язані із загальним розвитком пішоходів, їх емоціями та реакцією на різні сигнали.

Проведені в деяких країнах дослідження свідчать про те, що показник тяжкості ДТП для пішоходів у 2,4 рази вище, ніж для водіїв. ДТП виникають у результаті спільної дії декількох факторів, до яких відносяться: поведінка осіб, що потрапили у ДТП; фізичні та психологічні стани пішохода і водія, атмосферні умови; стан автомобіля. Міри, спрямовані на підвищення безпеки руху пішоходів, повинні ґрунтуватися на глибокому аналізі причин *недостатньої пристосованості пішоходів до автомобільного транспорту* і навпаки. Найбільш небезпечними для пішоходів є зимові місяці. Показник ваги ДТП досягає по днях тижня найбільшого значення для неділі й найменшого – для середи. Протягом доби найбільш небезпечним є нічний час, а саме – з 2 до 4 годин.

Більшість ДТП за участю пішоходів відбуваються у найзначніших та значних містах. За даними американської статистики у таких містах пішоходи складають половину, а в середніх – одну третину всіх жертв ДТП. В інших країнах ці показники виглядають по-іншому, але у всіх випадках проблема безпеки пішохідного руху дуже актуальна.

Найбільша кількість ДТП із пішоходами відбувається в зонах перехресть і у місцях, що прилягають до торгових точок. Помічено, що знайомство пішохода з місцевістю послабляє його пильність і збільшує імовірність скоєння ДТП. Багато ДТП відбувається недалеко від житла потерпілого. Безперечною є кореляція між кількістю алкоголю та небезпекою скоєння ДТП. Відсутні надійні дані про вплив медикаментів на поводження пішоходів. Пішоходи, що мають права водія, піддані ризику залучення в ДТП у 3 - 4 рази менше, ніж інші. Вважається, що небезпека скоєння ДТП є максимальною на відстані у 50 метрів з одного та іншого боку від нерегульованого пішохідного переходу.

Аналіз дозволив виявити чотири типи ДТП, що найчастіше зустрічаються:

- несподіваний вихід пішоходів на проїзну частину (пішохід у невстановленому для переходу місці зненацька появляється перед транспортним засобом);
- перебігання проїзної частини поблизу позначеного чи непозначеного переходу на перехресті;
- багаторазова загроза, коли наїзд на пішохода робить транспортний засіб після того, як інші автомобілі, що блокували його видимість, зупинилися на смугах, розташованих ближче до пішохода;
- відволікання уваги водія іншими транспортними засобами.

З юридичної точки зору ДТП за участю пішоходів поділяють на:

- вчинені пішоходами;
- вчинені водіями;
- такі, що виникли в результаті взаємних помилок пішохода та водія;
- випадки, коли відповідальність за здійснення ДТП не встановлена.

Імовірність залучення в ДТП багато в чому залежить від віку пішохода. Частіше інших піддані цьому люди похилого віку у віці понад 60 років і діти у віці до 16 років, особливо від 4 до 9 років. Причину підвищеної кількості ДТП за участю дітей варто шукати в недотриманні ними Правил дорожнього руху, у їхній недосвідченості та малому зрості, в силу чого водії не завжди помічають їх вчасно. У людей похилого віку має місце уповільнена реакція, а в ряді випадків – розгубленість і безпорадність.

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

Імовірність участі в ДТП у чоловіків більш висока, ніж у жінок. Це доведено для усіх вікових груп, але особливо для дітей віком до 9 років.

Проблема скоєння ДТП за участю пішоходів особливо серйозна в темний час доби й у періоди сутінок, коли різко знижується видимість пішохода на фоні дороги. Особливо гострою ця проблема стає в зимовий час, коли ранкові, а іноді й вечірні години «пік» приходяться на темний час доби.

Багато пішоходів не знають Правил дорожнього руху, погано орієнтуються у русі транспортних потоків. Думки пішохода часто відвернуті від руху транспортних засобів; нерідко сигнальні пристрої, що вказують місце і час переходу через вулицю або автомобільну дорогу, викликають у пішоходів роздратування та обурення: багатьом пішоходам властиві нетерпіння і непокора сигналам регулювання дорожнього руху. Серед пішоходів зустрічаються люди зі слабким зором, слухом та іншими фізичними недоліками.

Щире відношення влади до проблеми аварійності на автомобільних дорогах і вулицях виявляється у створенні комплексу умов для безпечного руху й у наданні своєчасної медичної допомоги у випадку скоєння ДТП. Якщо ж цього немає, то найгучніші слова про «любов до учасників дорожнього руху» і «турботу про їхню безпеку» є звичайним обманом.

Але як би погано до людей не відносилася влада, турбота про свою безпеку повинна бути головною для кожного учасника руху. В переважній більшості ДТП значна частка вини лежить на учасниках дорожнього руху, які прийняли невірне рішення. Водії найчастіше помиляються при виборі швидкості руху, при виборі інтервалів у процесі маневрування та під час оцінки намірів конфліктуючого учасника руху. Пішоходи найчастіше помиляються при виборі місця переходу проїзної частини та при оцінці інтервалу до транспортного засобу, що наближається. Майже у всіх випадках має місце або неправильна оцінка дорожньо-транспортної ситуації, або переоцінка своїх можливостей.

Розрізняють *об'єктивну небезпеку*, що виявляється у невідповідності умов руху прийнятим рішенням або режимам руху, як правило, швидкості руху. Існує також *суб'єктивна небезпека*, що полягає в суб'єктивній оцінці (а оцінка є завжди суб'єктивною) об'єктивної небезпеки. Реальна або результуюча небезпека залежить як від об'єктивної, так і від суб'єктивної небезпеки й, головним чином, від співвідношення цих небезпек. Якщо суб'єктивна небезпека трохи вище за об'єктивну, то в реальній ситуації буде мати місце деякий запас безпеки та ймовірність скоєння ДТП є невеликою. Якщо обидві небезпеки майже рівні, то запасу безпеки практично немає і ймовірність ДТП зростає [65]. Якщо ж суб'єктивна небезпека нижче об'єктивної (недооцінка небезпеки), то рух відбувається з великим ризиком і ймовірність ДТП є надзвичайно великою. Помітимо, що великі відмінності між суб'єктивною й об'єктивною небезпекою в будь-яку сторону неприйнятні, оскільки вони або напевно приводять до ДТП, або до такої перестраховки, що не може бути прийнята іншими учасниками руху і провокує їх на грубі порушення або на дуже небезпечне маневрування.

Оцінка небезпеки й рішення, що випливають з неї, є частиною мотивації учасника, що, як відомо, формується під впливом багатьох факторів – характеристик транспортних засобів і дорожніх умов, кваліфікації, досвіду і знань, довірчості інформації, взаємин між учасниками руху, відношення до влади і законності, відношення до своєї та чужої безпеки і т.д. Уявляється, що мотив безпеки повинний бути головним у поводженні будь-якого учасника руху. Ніхто не забезпечить йому безпеку руху, якщо він цього не зробить сам особисто, а у випадку скоєння ДТП через його провину саме учаснику доведеться відповідати.

У той же час діюча зараз система повсюдних заборон, обмежень і принизливого стеження приводить до прямо протилежних результатів. По-перше, не треба так сильно самому піклуватися про свою безпеку, тому що це за мене робить влада (згадайте широко рекламоване твердження: «Ми піклуємося про вашу безпеку»). По-друге, знаючи перестрахувальний, провокаційний характер більшості обмежень, учасник сприймає їх не як допомогу або підказку, а як привід і місце для пред'явлення йому обвинувачень. Дотримання цих обмежень він вважає не потребою, а примусовим заходом. Звідси виникає конфронтація з владою, ігнорування вимог, переключення частини уваги на пошук інспектора, який затаївся, тощо, це деформує мотивацію та не сприяє зниженню аварійності.

Поняття «ризик» зустрічається в термінології багатьох суспільних і природознавчих наук, при цьому кожна з них має власні цілі та методи дослідження ризику. Вважається, що ризик відноситься до можливості настання деякого «несприятливого» явища. Розширене тлумачення ризику пов'язане з поняттям невизначеності, що означає неможливість точного прогнозування

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

оптимального вектора розвитку системи, і несе імовірність негативних наслідків.

Ризик, як імовірність здійснення деякої події або небезпека невдачі, зараз широко використовується в багатьох галузях діяльності. Так розповсюдженими є оцінки ризику фінансового, екологічного, політичного, страхового, тощо.

Специфіка економічного аспекту ризику пов'язана з можливим матеріальним збитком і являє собою ймовірність випадкової події, що призводить до втрат. Іншими словами, ризик – імовірнісне визначення результатів економічної діяльності суб'єкта. Неоднозначність цих результатів витікає з невизначеності впливу факторів зовнішнього середовища, а також неповноти інформації.

У зв'язку з погіршенням екологічного стану законодавчі органи багатьох розвинених країн починають використовувати націлені на охорону здоров'я людей і довкілля стандарти та нормативи, основані не стільки на граничнодопустимих дозах шкідливих речовин і випромінювань, скільки на пов'язаних з ними ризиках. Так, Конгресом США було прийнято ряд рішень, за якими всі законодавчі акти, що стосуються охорони здоров'я та екологічної безпеки, мають базуватись на наукових даних, що містять кількісні оцінки відповідних ризиків.

Величина ризику, обумовленого дією на людину шкідливих речовин, які знаходяться у повітрі або воді, залежить, по-перше, від дози речовини, що вивчається й, по-друге, від фактора ризику. Фактор ризику – це ризик, що приходиться на одиницю дози забруднювача (наприклад, 1 мг). Величина фактора ризику повинна бути встановлена в результаті спеціальних досліджень. Знаючи величину фактора ризику забруднювача і наявність його в повітрі, воді можна кількісно прогнозувати захворюваність і смертність, обумовлені даною речовиною. Так є можливим оцінити імовірне збільшення кількості потерпілих від захворювання з летальними випадками, що пов'язане з появою деякої шкідливої речовини, від введення в роботу нового промислового об'єкта.

Таким чином, ризик – кількісна оцінка небезпеки. Ризик визначається як частота або імовірність виникнення однієї події при настанні іншої події.

Сучасні темпи автомобілізації, що спричиняють збільшення інтенсивності дорожнього руху та зростання показників аварійності на дорогах зумовлює необхідність кількісної оцінки ризику небезпеки дорожнього руху.

Дорожньо-транспортна пригода – випадкова подія, що полягає в непередбачуваності її виникнення ні по довжині дороги, ні у часі. Для прийняття комплексів заходів щодо покращення умов руху на ділянках і місцях концентрації ДТП, а також організації дорожнього руху та інших заходів для підвищення безпеки руху служить інформація про фактичний рівень аварійності на цих ділянках. Отже, ризик скоєння ДТП – це очікувана розрахункова величина, яка зумовлює необхідність обов'язкового вжиття заходів щодо запобігання ДТП, щодо захисту учасників дорожнього руху від впливу факторів ризику.

Фактор ризику ДТП – елемент, що здійснює той чи інший вплив на величину ризику скоєння ДТП і, відповідно, на очікувану кількість ДТП.

Система УДТС припускає, що на скоєння ДТП впливають такі фактори:

а) фактори, що пов'язані з дорожньо-транспортним середовищем;

б) фактори, що пов'язані з соціальним середовищем; у т.ч., фактори, що відносяться до дороги та інших інфраструктурних елементів обладнання дорожньо-транспортного середовища;

в) фактори, що пов'язані з нормативно-правовою регламентацією;

г) фактори, що пов'язані з діями учасників дорожнього руху.

Причому вказані фактори впливають як окремо, так і в сполученнях.

При аналізі окремої події неможливо виявити причини, зробити більше, ніж вказати на набір факторів, що потенційно змогли внести вклад в ДТП. Очевидно, що жоден з факторів окремо не може бути достатньою умовою для скоєння ДТП. Постає логічне питання, в яких випадках фактори є причинами основними, а в яких супутніми.

Основними категоріями, за якими змінюється кількість ДТП, є час, простір, тип транспортного засобу і характеристики водія або інших учасників руху. Зміна кількості ДТП у часі відбувається протягом доби, тижня та року.

Просторова зміна кількості ДТП відбувається у залежності від категорії дороги та транспортно-експлуатаційного стану її ділянок або складових. Розподіл ДТП за типами транспортних засобів – кількість ДТП, в які потрапили легкові, вантажні, автобуси, мотоцикли. Категорія учасників дорожнього руху – це будь-яка індивідуальна характеристика учасника, яка може вплинути на скоєння ДТП.

Визначення підгрупи, для якої по цій категорії характерна найбільша кількість ДТП,

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

включає в себе визначення розподілу ДТП в часі і по факторам ризику, пов'язані з цією категорією.

До факторів ризику, що можуть бути пов'язані з часом відносяться темрява, стан транспортного потоку, стан дорожнього покриття, видимість, що пов'язана з метеорологічними умовами, тощо.

Фактори ризику, пов'язані з просторовою зміною кількості ДТП включає: кількість перехресть, типи розв'язок, характер дороги, радіуси кривих, величину подовжнього похилу, тощо.

До числа факторів ризику, пов'язаних з транспортним засобом, входять технічний стан, конструктивні особливості автомобіля, тощо.

Фактори ризику учасників дорожнього руху – недостатній досвід керування автомобілем, соціальний статус, знання відповідних норм і правил дорожнього руху, дисциплінованість, стан здоров'я, вік, вживання алкоголю, загальний рівень культури, тощо.

Вплив фактора ризику на очікувану кількість ДТП можна виразити через «частку» (дозу, рівень, коефіцієнт, межу), що призводить до негативного явища. Ця «частка» вказує, на скільки збільшується кількість ДТП при наявності даного фактору ризику і, навпаки, на скільки зменшився б рівень аварійності (за даною категорією), якби даний фактор ризику був відсутній.

Таким чином, «частка» фактора ризику визначає теоретичну можливість зменшення кількості ДТП шляхом впровадження заходів, направлених на цей фактор ризику. Складність визначення ризику ДТП і факторів, що впливають на його величину, стає виразнішою при збільшенні інтенсивності та наявності процесів, що характеризують їх негативний взаємний вплив на дорозі (вулиці).

Інтенсивність і склад транспортного потоку визначають швидкість, щільність потоку, інтервали слідування транспортних засобів, обумовлюючи характер і режими руху (використання смуг проїзної частини, маневрування, зміна напрямків руху та їх траєкторії – ймовірності цих процесів), є фактором, що може впливати на величину ризику, і, відповідно, на очікувану кількість ДТП, при незмінності, постійності факторів ризику, перелічених раніше.

Кількісна оцінка ризику – показника, що підсумовує відносний вплив кожного з факторів є теоретичною базою для прийняття рішень щодо зменшення небезпеки учасників дорожнього руху.

Перш ніж прийняти якесь рішення, кожен учасник дорожнього руху оцінює його (помітимо, досить суб'єктивно) з двох основних позицій – небезпека і вигода. З одного боку, він кладе на чашу ваг небезпеку, ризик, а з іншого боку –вигоду. Чим менше ризик і більше вигода, тим частіше він приймає цей ризик. У кожної людини є своя так називана крива ризику, показана на рис. 3.2, де по осі абсцис відкладена величина ризику R, а по осі ординат – імовірність прийняття цього ризику $P(R)$. Крива 1 характеризує дії обережної людини, крива 2 – дії ризикованої людини. Зрозуміло, що крива ризику більшості людей лежить між умовними кривими 1 і 2.

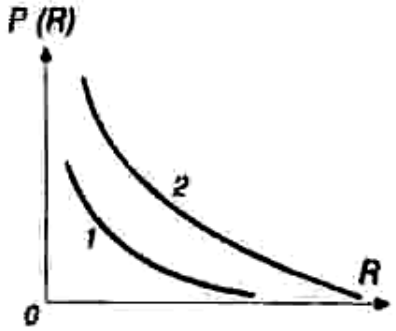


Рисунок 2 – **Розподіл прийнятного ризику [2]:**
1 – обережна людина; 2 – ризикована людина

Звичайно, ризиковані люди створюють багато ДТП. Як це не дивно, але й дуже обережні люди теж часто потрапляють у ДТП, тому що їх понад обережне поводження провокує інших на ризиковані рішення. Але не ці люди «роблять погоду» в дорожньому русі, тому що їх дуже мало – основну масу ДТП створюють саме більшість нормальних людей, які не є ризиковими і не є перестрахувальниками. Вони, через низку причин (навчання, отриманий досвід, стадний ефект – «роблю як усі», і незнання своїх істинних можливостей), недооцінюють небезпеку і приймають підвищений ризик, що часто призводить до ДТП. Можна сказати, що це не стільки їхня провина, скільки їх біда.

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

Висновки. Виходячи з наведеного матеріалу можна визначити основні напрямки підвищення безпеки учасників дорожнього руху – зниження об'єктивної небезпеки та ефективний вплив на мотивацію учасників. Що стосується оцінки можливостей водіїв та інших учасників дорожнього руху, то тут існує величезне поле діяльності. Потрібно розробити об'єктивну і доступну систему оцінки можливостей з наступними рекомендаціями, усуненням «вузьких місць» і корегуванням кривої ризику. Наразі зараз спеціальна підготовка уразливих учасників дорожнього руху є недостатньою й вони повністю надані собі.

Таким чином, потрібно розробити систему оцінки ризиків виникнення критичних дорожньо-транспортних ситуацій (ДТС) та скоєння ДТП, опис яких буде приведений у наступних дослідженнях.

Література

1. Стаття в збірнику НТУ по цій темі

2. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В 2 ч. – Минск: Белорусский фонд безопасности дорожного движения. 1996. – 634 с.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2016

© В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, В.І. Єресов, О.М. Куницька, А.А. Корчевська, А.А. Корчевський

УДК 656.13

Д.П. Понкратов
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ФОРМУВАННЯ ПОПИТУ НА ТРАНСПОРТНІ ПОСЛУГИ З ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ

Розглянуто питання формування попиту на транспортні послуги з перевезення пасажирів на міських маршрутах. Увагу зосередженона розподілі пасажиропотоків на суміщених ділянках маршрутної мережі. В якості показника, що характеризує відповідність між транспортним попитом і пропозицією використано імовірність відмови пасажиру в посадці. Встановлено залежність між величиною попиту та такими характеристиками перевізного процесу як: кількість та пасажиромісткість транспортних засобів, швидкість сполучення, величина тарифу.

Ключові слова: *попит на транспортні послуги, суміщені ділянки маршрутної мережі, обсяг перевезень, імовірність відмови пасажиру в посадці.*

Д.П .Понкратов
Харьковский нацыональный университет городского хозяйства имени О. М. Бекеетова

ФОРМИРОВАНИЕ СПРОСА НА ТРАНСПОРТНЫЕ УСЛУГИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ПАССАЖИРАВ НА ГОРОДСКИХ МАРШРУТАХ.

Рассмотрены вопросы формирования спроса на транспортные услуги по перевозке пассажиров на городских маршрутах. Внимание сосредаточено на распределении пассажиропотоков на совмещенных участках маршрутной сети. В качестве показателя, характеризующего соответствие между транспортным спросом и предложением использовано вероятность отказа пассажиру в посадке. Установлена зависимость между величиной спроса и такими характеристиками перевозочного процесса как: количество и пассажировместимость транспортных средств, скорость сообщения, величина тарифа.

Ключевые слова:*спрос на транспортные услуги, совмещенные участки маршрутной сети, объем перевозок, вероятность отказа пассажиру в посадке.*

D. Ponkratov.

GENERATION OF PASSENGER'S TRANSPORTATION SERVICES DEMAND ON TRANSIT ROUTES.

In this article the problems of transit services demand generation are considered. The main attention focused on research of passenger's flows distribution at common line of a transit routes. As a performance that characteriz the ratio between transportation supply and demand, failure-to-board propobility were used. Two routs have been examined, that overlap each other along the entire length. The calculations were performed using the software based on transit assignment model. Interaction between supply and demand were determined with taking into account of the transportation process characteristics such as: fleet size and vehicle's capasity, speed of service and fare size. Variation was performed for one of the routes at the constants transportation process parametrs for other. It was identifed that fleet size incricion advantage to ridership rising at one rout while it decreases at other. Analsys showed that this relationship is not linear. The number of vehicles, at round-trip time constant determines the planned headway on the route. Decricion headway attracts more passengers that will use it to reduce his / her waiting time at the stops.Using of high capasity vehicles induce to ridership increase. Admit that fleet size constant and increasing of vehicle capacity results on the number of offered spaces on the route during a certain time period. This effect on reducing of the failure-to-board propobility. However, this trend exist for a certain level. Using of high capasity vehicles with low size of demand have not show significant impact on the passenger's flows distribution.Influence of speed service on the value of the transport demand is carried out from two sides. From one side - speed of service determines in-vehicle time, and on the other – it's growth leads to a reduction in round-trip time. At fleet size constant value, reducing of round-trip time affects the headway duration towards it's incrision. Basing on that route provides less trip time it become more attractive for passengers.Fare level is a major factor that influence on the transit services demand size. With a significant difference in the fare size on competitive routes, the passenger will prefer the cheapest one. The higher attraction of the low fare route could increase the failure-to-board propobility on them. This is due to the fact that passengers will ignore of increasing of waiting time to save their expense.

Keywords: *transport demand, common lines, ridership, failure-to-board propobility.*

Постановка проблеми. Маршрутна система має забезпечувати якомога рівномірний розподіл пасажиропотоків за маршрутами та їх саморегулювання (самовирівнювання) при коливаннях у часі. Методами, що дають змогу цього досягти є: зміна розташування та довжини маршрутів, суміщення маршрутів на частині їх довжини та їх розподіл; суміщення маршрутів різних типів (звичайних та експресних, постійних та тимчасових, повних та скорочених); зміна

© Д.П. Понкратов

розташування зупинних пунктів різних маршрутів відносно перехресть та інших місць масового пасажирообміну, регулювання маршрутних інтервалів [1].

Розрізняють два класи завдань розподілу пасажиропотоків за маршрутами. До першого класу відносять завдання регулювання ізольованих пасажиропотоків у напрямках, де пасажири не мають можливості вибору маршрутів. До другого класу відносять завданнярозподілу пасажиропотоків у напрямках, де пасажири мають можливість вибору різних маршрутів[1].

В першому випадку достатньо інформації про існуючі пасажиропотоки, що може бути отримана шляхом проведення натурних обстежень. У випадку коли пасажири мають можливість вибору маршруту цієї інформації недостатньо. Натомість важливе значення має моделювання процесу розподілу пасажиропотоків між маршрутами, що вимагає попереднього вивчення характеру пасажиропотоків, встановлення центів їх зародження та поглинання, оцінки імовірності вибору пасажирами тих чи інших маршрутів[1, 2].

Завдання першого класу передбачають визначеність пасажиропотоків, що зумовлює простоту застосування методів розподілу пасажиро потоків.За умови розгалуженої маршрутної системи міст такі випадки виникають досить рідко. Розгляд маршрутів як ізольованих не відповідає реально існуючій ситуації. Адже на певних ділянках маршрутної системи виникає як накладення маршрутних мереж різних видів транспорту, так й сполучення трас маршрутів одного виду транспорту. За таких умов пасажири мають можливість вибору одного з маршрутів, що найбільше відповідає їх вимогам. Виходячи з цього, моделювання поведінки пасажирів має першочергове значення для моделювання розподілу пасажиропотоків у розгалужених маршрутних системах, що характеризуються високим значенням маршрутного коефіцієнту.

У найпростішому випадку приймають, що інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту є рівномірною. За таких умов розподіл між маршрутами, що проходять сумісною ділянкою розподіляються пропорційно частоті руху або маршрутному інтервалу[3, 4]. Це виходить із припущення, що пасажири скористаються першим транспортним засобом, який буде подано на зупинний пункт. Таке припущення може бути виправданим у випадку коли маршрути мають однакові характеристики перевезень (швидкість сполучення, величину тарифу, регулярність руху тощо). Ці фактори у певному випадку є вагомими та мають бути враховані при моделюванні. Крім цього слід враховувати обмеженість транспортної пропозиції. При невідповідності величини попиту величині транспортної пропозиціїне всі пасажири можуть здійснити посадку у перший транспортний засіб, що прибуває на зупинний пункт через його переповнення. Оцінку відповідності між транспортним попитом і пропозицією можна проводити за імовірністю відмови пасажиру в посадці[2, 5, 6]. Зважаючи на вказане, дослідження закономірностей формування попиту на транспортні послуги з перевезення пасажирів у розгалужених міських маршрутних системах є актуальним для вирішення завдань удосконалення організації перевезень.

Результати досліджень. Розглянемо закономірності розподілу пасажиропотоків між двома маршрутами, що мають однакову трасу, тобто дублюють один одного по всій довжині маршруту. Розрахунки проводимо з використанням програмно реалізованої моделі розподілу пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту [7].

В якості вхідних параметрів перевезень на маршрутах використано наступні:

- загальний попит на перевезення – 1200 пас.;
- довжина суміщеної ділянки дорівнює довжині маршрутів та складає - 9,3 км;
- пасажиромісткість транспортних засобів – 45 пас.;
- кількість транспортних засобів – 5 од.;
- швидкість сполучення на маршрутах – 22 км/год;
- час оберту –56 хв.;
- тариф – 5грн.

Для дослідження величини пасажиропотоків за різних параметрів перевізного процесу на цих маршрутах проведено варіювання таких факторів як: тариф, швидкість сполучення, кількість та пасажиромісткість транспортних засобів. Варіювання проводили на одному з маршрутів при сталих величинах перевізного процесу на іншому.

Зміну обсягу перевезень залежно від кількості транспортних засобів, що працюють на першому маршруті графічно представлено на рис. 1, *а*.

© Д.П. Понкратов

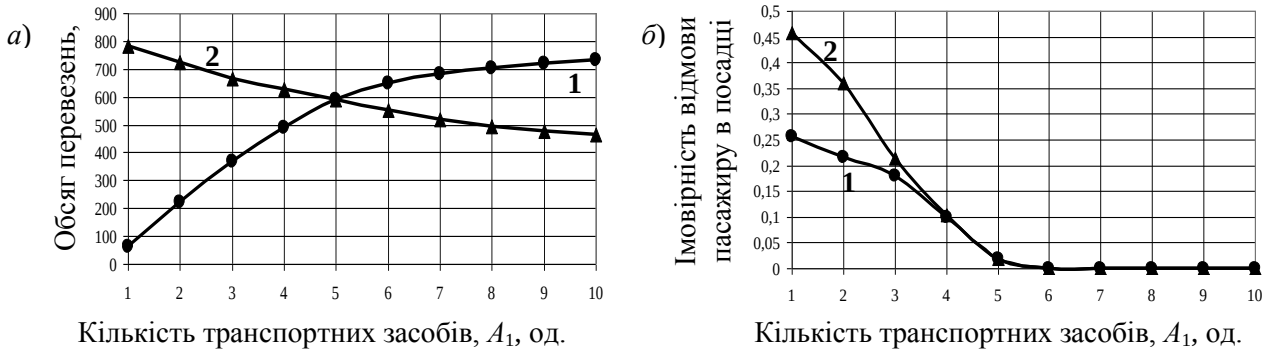


Рис. 1. **Змінапараметрів перевезень залежно від кількості транспортних засобів, що працюють на першому маршруті: *а*) зміна обсягу перевезень; *б*) зміна імовірності відмови пасажиру в посадці у найбільш пасажиронапруженому напрямку; 1, 2 – порядкові номери маршрутів.**

Як бачимо, зі збільшенням кількості транспортних засобів, що працюють на першому маршруті обсяг перевезень зростає в той час як на другому маршруті – зменшується. Ця залежність має нелінійний характер. Кількість транспортних засобів, при сталій величині часу оберту, визначає плановий інтервал руху на маршруті. Чим менша величина маршрутного інтервалу, тим більша кількість пасажирів буде його використовувати з метою скорочення часу очікування на зупинках. При кількості транспортних на першому маршруті від 1 до 5 од. увесь попит на перевезення не може бути задоволений через недостатній обсяг транспортної пропозиції. Величина транспортної пропозиції може бути виміряна кількістю пасажиро-місць, що надано на маршрутах за розрахунковий проміжок часу. З рис. 1, *б*видно, що імовірність відмови пасажиру в посадці при зростанні кількості транспортних засобів зменшується та наближається до нуля при A_1= 6 од. При кількості транспортних засобів, що дорівнює 5 од., обсяг перевезень на першому та другому маршруті є однаковим та складає 592 пас. Це зумовлено тим, що при такій кількості транспортних засобів спостерігаються однакові характерники перевізного процесу на двох маршрутах.

Використання транспортних засобів більшої пасажиромісткості зумовлює зростання обсягу перевезень на першому маршруті (рис. 2, *а*). При незмінній кількості транспортних засобів збільшення їх пасажиромісткості спричиняє більшу кількість пасажиро-місць, що надано на маршруті. Це позначається на зниженні імовірності відмови пасажиру в посадці (рис. 2, *б*). Однак, подальше зростання пасажиромісткості ($q_{н1}$>60 пас.) практично не позначається на зміні обсягу перевезень, оскільки імовірність відмови майже відсутня.

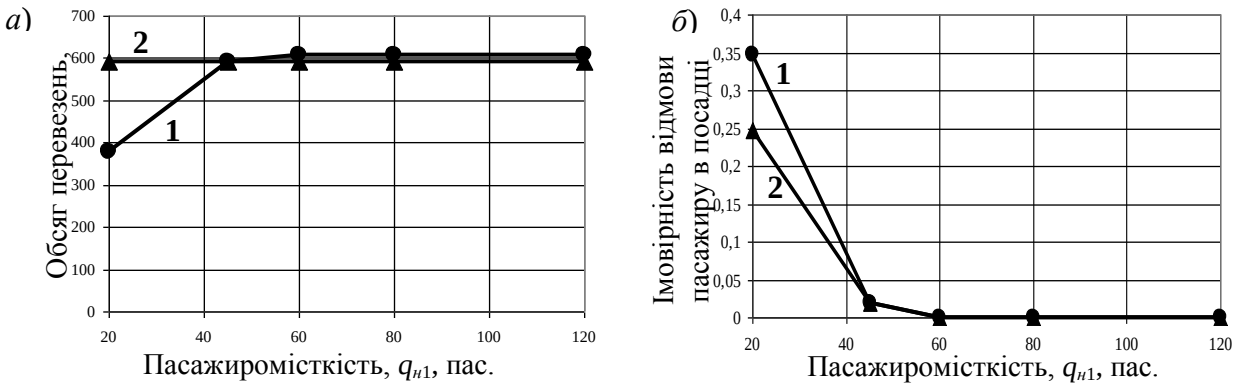


Рис. 2. **Зміна параметрів перевезень залежно від пасажиромісткості транспортного засобу на першому маршруті:*а*) зміна обсягу перевезень; *б*) зміна імовірності відмови**

© Д.П. Понкратов

пасажиру в посадці у найбільш пасажиронапруженому напрямку; 1, 2 – порядкові номери маршрутів.

Вплив швидкості сполучення на величину транспортного попиту здійснюється з двох боків (рис. 3). З першого - швидкість сполучення визначає витрати часу на здійснення поїздки пасажирів, а з другого – її зростання призводить до скорочення часу оберту. При незмінній кількості транспортних засобів, зменшення часу оберту позначається на величині маршрутного інтервалу у сторону його зменшення. Виходячи з цього, маршрут, що забезпечує менші витрату часу на пересування є більш привабливим для пасажирів.

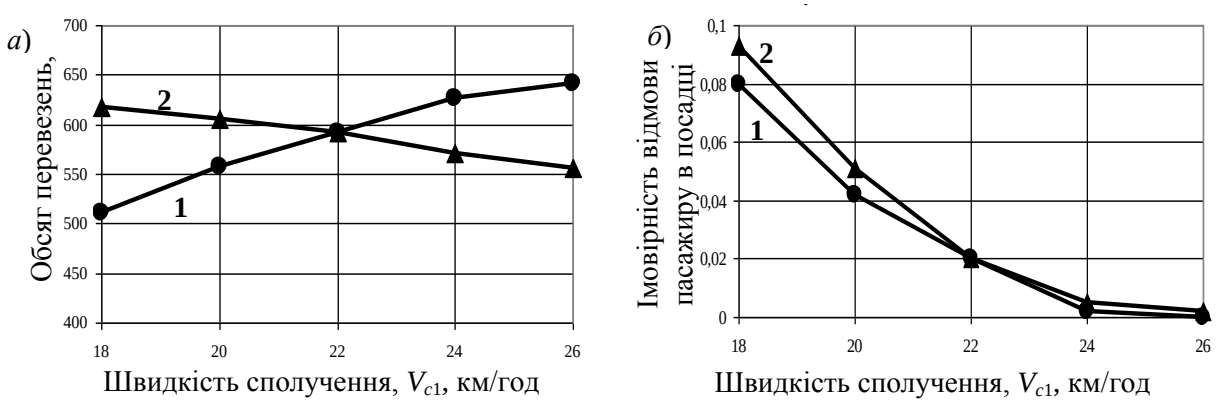


Рис. 3. **Зміна параметрів перевезень залежно від швидкості сполучення на першому маршруті:*а*) зміна обсягу перевезень; *б*) зміна імовірності відмови пасажиру в посадці у найбільш пасажиронапруженому напрямку; 1, 2 – порядкові номери маршрутів.**

Тариф на перевезення є вагомим фактором, що визначає величину попиту на транспортні послуги маршрутів пасажирського транспорту (рис. 4).

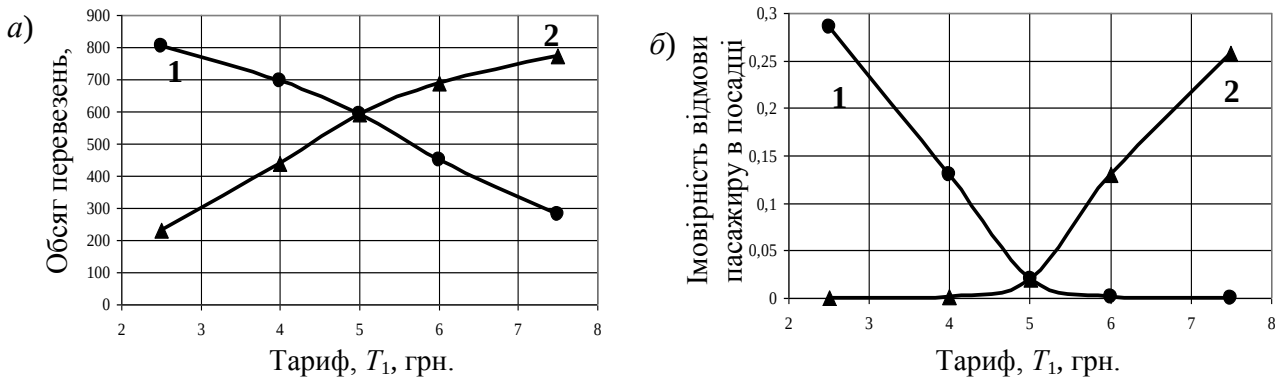


Рис. 4. **Зміна параметрів перевезень залежно від величини тарифу на першому маршруті: *а*) зміна обсягу перевезень; *б*) зміна імовірності відмови пасажиру в посадці у найбільш пасажиро напруженому напрямку; 1, 2 – порядкові номери маршрутів.**

При величині тарифу на першому маршруті 2,5 грн., проти 5,0 грн. - на другому, за однакових параметрах перевізного процесу, транспортний попит відрізняється майже у три рази (рис. 4, *а*). Також зміни зазнає й імовірність відмови пасажиру в посадці (рис. 4, *б*). Як бачимо, за величині плати за проїзд – 2,5 грн. імовірність відмови пасажиру в посадці на першому маршруті складає 0,285, у той час як на другому маршруті вона майже відсутня. Це пов'язано з тим, що пасажири будуть нехтувати зростанням часу очікування з метою економії грошових витрат. При величенні T_1=7,5 грн. таT_2=5 грн. спостерігається зворотна тенденція.

Висновки. Встановлено, що попит на транспортні послуги маршрутів міського пасажирського транспорту на суміщених ділянках маршрутної мережі значною мірою зумовлений характеристиками цих маршрутів. Суттєвий вплив на перерозподіл пасажиропотоків чинять такі фактори, як: кількість та пасажиромісткість транспортних засобів, швидкість сполучення та величина тарифу. При невідповідності величини транспортного попиту та пропозиції виникають відмови пасажиру в посадці. Через це попит не може бути задоволений за певний проміжок часу.

© Д.П. Понкратов

За таких умов важливого значення має завдання вибору раціональної кількості та пасажиромісткості транспортних засобів.

Література

1.Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок : учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.

2. Доля, В. К. Пасажирські перевезення/ В. К. Доля. – Харків: Форт, 2011. – 504 с.

3. Liu Y., Bunker J., Ferreira L. (2010): Transit users' route–choice modelling in transit assignment: a review, Transport Reviews: A Transnational Journal, 30:6, p.753–769.

4. Луб'янийП. В. Імовірність вибору пасажиром варіанту поїздки в міському пасажирському транспорті // Коммунальное хозяйство городов. –2006. – Вып. 69. – С. 171 – 175.

5. Давидич Ю.А. Разработка мероприятий по сокращению времени ожидания пассажирами городских маршрутных автобусов: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01/ Юрий Александрович Давидич. – Х., 1993. – 180 с.

6. Спирин И. В. Перевозка пассажиров городским транспортом / И. В. Спирин. – М. : Академкнига, 2004. – 413 с.

7. Понкратов Д. П. Вибір пасажирами шляху пересування у містах / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 164 с.

Стаття надійшла в редакцію 27.04.2016

© Д.П. Понкратов

УДК 656.13, 612.821

Т.М. Постранський
Національний університет «Львівська політехніка»

ВПЛИВ УМОВ РУХУ НА ПОКАЗНИК АКТИВНОСТІ РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ВОДІЯ МІСЬКОГО АВТОБУСА

Розвиток промислових та туристичних галузей країни призводить до збільшення потреб пасажирів у перевезеннях. При цьому зростає необхідність у їх безпечному та комфортному перевезенні. Це у значній мірі залежить від надійності роботи системи «водій – автомобіль – дорога – середовище», зокрема її керуючої ланки – «водій». Від його дій залежить безпека руху усіх учасників дорожнього руху. Відповідно до цього, постає необхідність щодо дослідження психофізіологічних особливостей людини, як оператора транспортного процесу та встановлення відповідних закономірностей. Це дасть змогу розробляти графіки роботи та відпочинку водіїв, що враховуватимуть умови в яких вони керують транспортним засобом.

Ключові слова: *електрокардіограма, функціональний стан водія, показник активності регуляторних систем, умови руху****.***

Т. Н. Пострансий
Национальный университет «Львовская политехника»

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ АКТИВНОСТИ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ВОДИТЕЛЯ ГОРОДСКОГО АВТОБУСА.

Развитие промышленных и туристических отраслей страны приводит к увеличению потребностей пассажиров в перевозках. При этом возрастает необходимость в их безопасной и комфортной перевозке. Это в значительной степени зависит от надежности работы системы «водитель - автомобиль - дорога - среда», в частности ее управляющего звена - «водитель».От его действий зависит безопасность движения всех участников дорожного движения. В соответствии с этим, возникает необходимость проведения исследования психофизиологических особенностей человека, как оператора транспортного процесса и установления соответствующих закономерностей. Это позволит разрабатывать графики работы и отдыха водителей, с учитомь условий в которых они управляют транспортным средством.

Ключевые слова: *электрокардиограмма, функциональное состояние водителя, показатель активности регуляторных систем, условия движения****.***

T. Postransyy

THE IMPACT OF THE TRAFFIC CONDITIONS ON CITY BUS DRIVER`S INDICATOR OF REGULATORY SYSTEMS' ACTIVITY.

Development of industrial and tourist areas of the country leads to increased needs in passenger movements. This increases their needs for safety and comfortable transportations. This depends on the reliability of the system "driver - vehicle - road - environment", including its management level - "driver". Traffic safetyof all road users depends on from driver`s actions. So, there is a need for research on physiological characteristics of the person, as the operator of the transport process. This will help develop driver`s work schedules and rest periods, which take account of conditions in which driver control the vehicle.

Keywords: *electrocardiogram, functional state of the driver, indicator of regulatory systems' activity, traffic conditions.*

Постановка проблеми. Важливим завданням наукових робіт є створення нових методів забезпечення безпеки пересування. Саме від цього залежить життя та здоров'я усіх учасників дорожнього руху. Для ефективного вирішення цієї задачі необхідно визначити та усунути основні причини виникнення дорожньо-транспортних подій (ДТП).

Як свідчить статистика, більшість ДТП стається з вини людини, а саме через помилкову її поведінку в тій чи іншій ситуації [1]. На думку А. І. Воркута – безвідмовна робота транспортної системи залежить від впливу різних чинників, серед яких знаходяться і психофізіологічні якості водія [2]. Також вагомість людини у системі ВАДС підкреслили у своїх роботах: Є. М. Лобанов [3], Бріггс, Дерт [4],В. К. Доля[5],Ю. О. Давідіч[6]та інші, які ставлять питання дослідження водія як ключової ланки системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» ВАДС.

Збої у роботі людини, як оператора транспортного процесу, можуть відбуватися з причини її незадовільного функціональногостану (ФС). Цей показник характеризує «ефективну сторону діяльності людини»[7].Також його можна трактувати, як рівень адаптації організму додії зовнішніх подразників.Тому дослідження ФС водіїв транспортних засобів є актуальним під час організації перевезень вантажів та пасажирів і організації дорожнього руху в цілому.

Для підвищення безпеки дорожнього руху, враховуючи тенденції росту інтенсивностей транспортних потоків, слід використовувати не лише «традиційні методи дослідження», але й ті,

© Т.М. Постранський

які враховують людину як важливу ланку транспортного процесу[3].Тому дослідження водія набуває все більшої вагомості у транспортних дослідженнях. Це зумовлено тим, що вирішення поставлених практичних задач значною мірою пов'язане з правильністю визначення ФС водія у тих чи інших ситуаціях[8].

Відповідно до цього **метою роботи** є дослідження ФС водіїв автобусів, що працюють в межах населеного пункту, та встановлення відповідних тенденцій.

Результати досліджень.Залежно від ФС водія змінюється і надійність його роботи. Цей показник розглядають, як можливість виконувати певні завдання у заданих умовах праці. Є. М. Лобанов встановив, що надійність роботи водія має зв'язок з частотою його серцевих скорочень. Так, зі збільшенням частоти серцевих скорочень понад 115 уд/хв., надійність оператора транспортного процесу стрімко знижується[3]. Слід зазначити, що у свою чергу, надійність роботи водія у значній мірі впливає на безпеку руху як транспортного засобу зокрема, і на рух транспортного потоку в цілому. Одними з основних показників, що відображають якість роботи водія є здатність швидко і правильно приймати рішення у складних дорожніх ситуаціях.

Якщо розглядати роботу системи ВАДС комплексно, то поняття надійності роботи водія охоплює не тільки ймовірність виникнення помилкових дій оператора, але і вплив на стан його організму умов роботи. Так, наприклад, на надійності роботи водія протягом робочого дня впливають рівні завантаження автомобільних доріг [3], швидкість руху[8],ергономічні характеристики транспортного засобу[7, 9],профіль автомобільних доріг та інформаційне забезпечення[3],розміщення технічних та рекламних засобів[10]тощо.

Зазвичай, дослідження ФС людини проводиться для виявлення внутрішніх хвороб та прогнозування тенденцій їх розвитку. Якщо це стосується практично здорових людей, то метою дослідження, зазвичай, є [11]:

- оцінка стану здоров'я;
- оцінка поточного ФС та адаптаційних резервів організму;
- професійний відбір;
- вибір оптимальних навантажень під час складання індивідуальних планів тренувань спортсменів;
- виявлення ранніх стадій перенавантаження;
- визначення рівня працездатності та її оцінка.

У транспортних дослідженнях найбільш широкого застосування отримали електрофізіологічні методи аналізу, зокрема електрокардіограма (ЕКГ). Це графічний запис змін електричних потенціалів, які виникають у наслідок збудження серцевого м'яза. Під час транспортних досліджень аналіз ЕКГ дає можливість оцінити емоційний стан людини під час фізичних та розумових навантажень[3].На основі математичного аналізу серцевого ритму та аналізу роботи серцево-судинної системи можна дослідити пристосування та адаптацію організму людини до дії зовнішніх чинників. Такий метод дослідження ЕКГ один з найкращих, який дає змогу відобразити різного роду навантаження на організм та демонструє кількісно-якісну оцінку стану регуляторних систем [12].

Для аналізу запису ЕКГ та встановлення значення ФС водія часто використовують такі показники:

- індекс напруження;
- індекс вегетативної рівноваги;
- вегетативний показник ритму;
- показник адекватності процесів регуляції;
- показник активності регуляторних систем (ПАРС). Визначення цього показника проводиться за відповідним алгоритмом, який враховує п'ять критеріїв.

ПАРС відображає активацію адаптаційних механізмів організму на дію певних чинників впливу та різного роду навантажень. Алгоритм встановлення значень ПАРС відбувається з використанням п'яти критеріїв: А, Б, В, Г, Д. Значення цих критеріїв залежить від кількісних показників отриманих на основі аналізу варіабельності серцевого ритму. Значення кожного критерію може коливатися в межах [–2;+2] за абсолютними величинами залежно від того, в якому стані знаходиться організм людини [13].

Критерій «А» відображає роботу серцево-судинної системи, а саме ритм серцебиття. Воно може бути нормальним, сповільненим та прискореним. Показником, який відображає сумарний ефект регуляції, є математичне очікування. Він визначається як середнє значення тривалості R-R інтервалів у досліджуваному діапазоні запису ЕКГ [14].

За критерієм «Б» проводиться аналіз стабільності ритму серця. Стабільний ритм серцебиття та виражена аритмія свідчать про значний вплив різного роду чинників на організм людини, а помірна аритмія відображає стан норми. Цей показник залежить від [14]:

- стандартне відхилення від значення величини R-R інтервалів;
- варіаційний розмах, який визначається як різниця максимальних та мінімальних значень R-R інтервалів:
- коефіцієнт варіації. Надає можливість врахувати частоту серцевих скорочень на варіабельність серцевого ритму.

Критерій «В» відображається через показники парасимпатичної та симпатичної нервової систем. Вони відображені у значенняхваріаційного розмаху, амплітуди моди та індексу напруження. Критерії «Г» є показником стійкості регуляції нервових центрів. Його значення визначаються залежно від коефіцієнта варіації варіабельності серцевого ритму. Критерій «Д» відображає активність нервових центрів. Основними його показниками є спектральна потужність у різних діапазонах [15].

ПАРС оцінюється умовними одиницями за десятибальною шкалою [14]:

- 1, 2, 3 – стан регуляторних систем в межах оптимального напруження, яке необхідне для взаємодії організму людини з середовищем;
- 4, 5 – помірне напруження, при якому організм потребує додаткових функціональних резервів для адаптації до умов середовища. Такий стан організму спостерігається під час адаптації на початку робочого дня до трудової діяльності та при емоційних стресах;
- 6, 7 – виражене напруження регуляторних систем, при якому мобілізуються захисні механізми організму;
- 8,9,10 – стан виснаження регуляторних систем, зрив адаптації. Такий стан організму характеризується зниженням активності механізмів регуляції та спостерігається накопичена втома та нервове перенапруження. Захисні і адаптаційні механізми організму не справляються і не можуть адекватно відреагувати на вплив зовнішніх чинників.

Досліджуючи водія під час керування транспортним засобом у різних умовах руху з використанням спеціального обладнання та програмного забезпечення, яке дає змогу створювати та аналізувати записи ЕКГ, можна встановити значення ПАРС. Провівши такі ж дослідження водія у спокійному стані, можна встановити динаміку зміни ФС організму та визначити основні чинники впливу на нього [16].

Дослідження ФС водіїв автобусів, що рухаються регулярними маршрутами руху у межах населеного пункту. Усі транспортні засоби розділено на три групи, залежно від їх питомої потужності. а саме:

- 1 група – від 11 кВт/т до 13 кВт/т;
- 2 група – від 13 кВт/т до 15 кВт/т;
- 3 група – від 15 кВт/т до 17 кВт/т.

Дослідження зміни ФС водія, який керує маршрутним транспортним засобом, проводилися у реальних умовах. Під час руху проводився безперервний запис даних ЕКГ з використанням комплексу «Cardio Sens». Реєстрація показників здійснювалась у п’яти відведеннях. При виборі схеми накладання електродів враховувалася специфіка роботи водія. Тому їх розміщали у найменш рухомих ділянках грудної клітки, але з урахуванням існуючих методик. Тривалість кожного запису становив 4 години.

Запис ЕКГ водіїв здійснювався під час керування ними транспортними засобами за рівня завантаження автомобільної дороги більшого та рівного 0,5.Рівень завантаження автомобільної дороги розраховувався заформулою (1) та відповідно до отриманих даних досліджень інтенсивності руху транспортного потоку та пропускної здатності автомобільної дороги. Інтенсивність руху визначалася на основі відеозаписів, створених на різних ділянках автомобільної дороги, якими рухався транспортний засіб. Пропускна здатність визначалася у камеральних умовах.

$$z = \frac{N}{P} \tag{1}$$

де N – інтенсивність транспортного потоку, од/год;

P – пропускна здатність автомобільної дороги, од/год.

© Т.М. Постранський

Під час руху у межах населеного пункту маршрутний транспортний засіб часто перебував в інтенсивних транспортних потоках з малими інтервалами між транспортними засобами, на автомобільних дорогах переважали розв'язки в одному рівні, часто здійснювалися зупинки на регульованих перехрестях тощо. Результати дослідження водія автобуса, який рухався у межах населеного пункту, наведено на рис. 1.

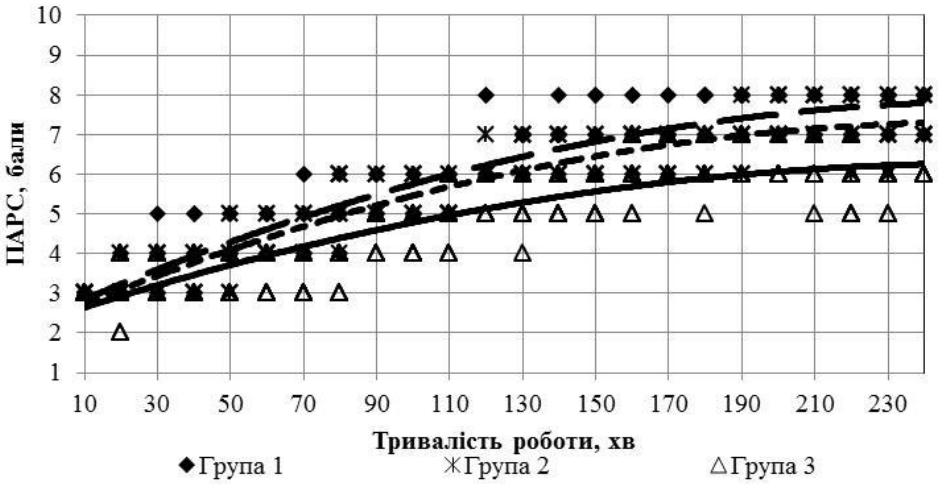


*Рис.1.***Зміна ПАРС водіїв у межах населеного пункту за рівня завантаження автомобільної дороги $z \le 0{,}5$, що керують маршрутними транспортними засобами різних груп:**

– група 1;
– група 2;
– група 3.

Як видно з рис. 1, значення ПАРС водія, який керує автобусом в межах населеного пункту при рівні завантаження автомобільної дороги меншому або рівному 0,5, зростає. На основі результатів натурних досліджень встановлено, що кінцеві значення цього показника для водіїв, які керували автобусами 1 групи, коливаються в межах 8 балів; 2 групи – в межах 7 балів, 3 групи – в межах 6 балів.Слід зазначити, що у таких умовах руху після чотиригодинної безперервної роботи організм водія знаходяться на межі між вираженим напруженням регуляторних систем та станом їх виснаження та можливого зриву адаптації.

Висновки. Відповідно до проведених досліджень, встановлено, що зі збільшенням тривалості роботи водія автобуса в межах населеного пункту, значення ПАРС його організму зростає. Якщо врахувати те, що при збільшенні значення ПАРС понад 7 балів, організм водія переходить в стан виснаження регуляторних систем та зриву адаптації. Це призводить до збільшення ймовірність того, що водій прийме неправильні рішення у складній дорожній ситуації. Відповідно до цього, рекомендована тривалість безперервної роботи водія залежатиме від параметрів транспортного засобу, яким він керує і може бути меншою від встановленої законодавством України.

Література

1. Статистика аварійності в Україні[Електронни ресурс]. – Режим доступу: http://www.sai.gov.ua/ua//ua/static/21.htm.

2. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.

3. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учётом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.

4. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг.; пер. с нем. В. Б. Мазуркевич. – М. : Транспорт, 1989. – 367 с.

5. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків: Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.

6. Давідіч Ю. О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 345 с.

7. Гюлєв Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. посібник / Н. У. Гюлєв. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 185 с.

© Т.М. Постранський

8. Доля В. К. Особливості поведінки водія та зміна його психофізіологічних характеристик за різних швидкісних режимів, зумовлених недостатньою видимістю / В. К. Доля, Ю .Я. Ройко // Вісник Східноєвропейського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – №7 (149). – С. 75 – 79.

9. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов; – Х. : ХНАМГ, 2011. – 392 с.

10. Швець В. В. Вплив містобудівної ситуації на психологічний стан водіїв / В. В. Швець, О. Г. Веремій, К. С. Маснюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – № 1. – С. 109 – 112.

11. Руденко С. Д. Исследование и оценка функционального состояния спортсменов : учеб. пособ. / С. Д. Руденко. Е. А. Таламбум, Е. Е. Ачкасов. – М. : Профиль – 2С, 2010. – 72 с.

12. Псеунок А. А. Вариабельность сердечного ритма / А. А. Псеунок // Весник Адыгейского государственного университета. – 2006. – №.2. – С. 222.

13. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / [Р. М. Баевський, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейник и др.] // Весник Аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65 – 87.

14. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново : Иван. гос. мед. академия, 2000. – 200 с.

15.Жук М. М. Показник активності регуляторних систем як оцінка функціонального стану водія / М. М. Жук, В. В. Ковалишин, М. О. Афонін // Вісник ХНАДУ. – 2014. – № 67. – С. 131 – 133.

16. ЖукМ. М. Змінапоказникаактивностірегуляторнихсистемводіязарізнихумовруху / М. М. Жук, Т. М. Пострaнський, М. О. Афонін // Електронненауковефаховевидання «Автомобільіелектроніка. Сучасні технології». – 2013. – Вип. 5. – С. 79 – 81

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2016

© Т.М. Пострaнський

УДК: 656.052

В.В. Рациборинський
Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В РІЗНИХ КРАЇНАХ

Проблема безпеки дорожнього руху є надзвичайно актуальною особливо в країнах з високим рівнем розвитку. Розвиток транспортних технологій зумовлює збільшення використання різних транспортних засобів, що підвищує вимоги до безпеки водіння.У роботі наведені дані аналізу стану проблеми безпеки дорожнього руху у різних країнах з високим рівнем розвитку системи дорожнього руху, а саме Канаді, Франції, Німеччині, Об'єднаному Королівсті Великобританії. Виявлено основні чинники аварійності та шляхи боротьби з ними, передбачені Національними стратегіями безпеки дорожнього руху в різних країнах.

Ключові слова:*безпека дорожнього руху, система дорожнього руху, аварійність****.***

В.В. Рациборинский
Винницкий национальный технический университет

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РАЗНЫХ СТРАНАХ.

Проблема безопасности дорожного движения является чрезвычайно актуальной особенно в странах с высоким уровнем развития. Развитие транспортных технологий приводит к увеличению использования различных транспортных средств, повышает требования к безопасности вождения. В работе приведены данные анализа состояния проблемы безопасности дорожного движения в разных странах с высоким уровнем развития системы дорожного движения, а именно Канаде, Франции, Германии, Соединенном Королевстве Великобритании. Выявлены основные факторы аварийности и пути борьбы с ними, предусмотренные национальнымиСтратегиями безопасности дорожного движения в разных странах.

Ключевые слова:*безопасность дорожного движения, система дорожного движения, аварийность.*

V. Ratsyborynskyy

ANALYSIS OF ROAD SAFETY PROBLEMS IN MOVEMENT OF DIFFERENTS COUNTRIES.

The problem of road safety is extremely important especially in countries with high development. The development of transport technologies leads to increased use different vehicles, which increases driving safety requirements. The paper presents data analysis of road safety problems in different countries with high levels of system traffic, such as Canada, France, Germany, United Kingdom of Great Britain. The basic factors of accidents and ways to combat them by national road safety strategies in different countries are discovered.

Keywords:*road safety, system traffic, accidents.*

Постановка проблеми. Людина, її життя, здоров'я і безпека відповідно до Конституції України визнані найвищою соціальною цінністю в нашій державі. Однак, порівняно з країнами Європи стан безпеки дорожнього руху в Україні можна охарактеризувати, як вкрай незадовільний через високий рівень смертності та дорожньо-транспортного травматизму[1]. Досвід країн Європейського Союзу свідчить, що подальше зниження показників аварійності потребує здійснення комплексу заходів з підвищення безпеки дорожнього руху, основою яких є проведення аналізу факторів, що зумовили виникнення дорожньо-транспортних пригод, та відхід від позицій першочергового звинувачення водія чи пішохода. Важливим аспектом міжнародних відносин є ставлення до життя і здоров'я людини. Безпека дорожнього руху і зниження аварійності на дорогах - світове завдання, в якому зацікавлена громадськість і уряд[1,2]. Система безпеки дорожнього руху є надзвичайно актуальною спільною проблемою для всіх країн світу, що зумовлено розвитком транспортних технологій на сучасному етапі. В усіх країнах світу з різною інтенсивністю та успішністю розробляються заходи необхідні для підвищення безпеки дорожнього руху, які можна підрозділити на коротко- та довгострокові, серед яких в якості основних можуть бути виділені: короткострокові - підвищення національного рівня обізнаності про проблему безпеки дорожнього руху, створення системи для збору і аналізу даних про аварії (фактори ризику), створення провідних агентств з безпеки дорожнього руху, відповідальних за підготовку і здійснення скоординованого плану дій, боротьба з чотирма основними факторами ризику шляхом проведення масових кампаній з підвищення обізнаності, заохочення в участі приватного сектора і національних асоціацій; та довгострокові - поліпшення загального стану транспортних засобів, впровадження функцій безпеки в усіх існуючих і планованих дорожніх

© В.В. Рациборинський

системах, підвищення або введення освіти щодо дорожньої безпеки в школах і оцінки та підвищення якості підготовки водіїв, поліпшення аварійно-рятувальних служб і допомогу жертвам дорожньо-транспортних пригод та інвалідам дорожньо-транспортних пригод, заохочення міжнародного співробітництва[3].

Результати досліджень. У роботі наведені дані аналізу стану проблеми безпеки дорожнього руху у різних країнах з високим рівнем розвитку системи дорожнього руху, а саме Канаді, Франції, Німеччині, Об'єднаному Королівсті Великобританії. Зростаюча політична свідомість в країнах з високим рівнем доходів швидко призвела до створення спеціальних відділів з безпеки дорожнього руху, які реалізують окремі спеціальні планові аспекти [2].

У Канаді спостерігається довгострокове зниження жертв дорожніх аварій. Міністерство транспорту Канади має добре налагоджену програму даних з безпеки дорожнього руху і повідомляють про статистику автомобільних аварій з 1970 року. Інформація про дорожньо-транспортні пригоди збирається і обробляється регіональною поліцією, а потім передається в Transport Canada для остаточної обробки і для складання національної статистики ДТП. УКанаді в даний час реалізуються національні плани з безпеки дорожнього руху на п'ять років, які відображають державну стратегію з безпеки дорожнього руху. Метою оновленої програми є досягнення тенденції до зниження смертності і серйозних травм протягом п'ятирічного терміну, порівнюючи кожний трирічний період з встановленим базовим середнім показником. Серед актуальних недавніх заходів безпеки у Канаді розглядаються управління швидкістю, робота з учасниками дорожнього руху, планування інфраструктури, безпечність транспортних засобів. Ряд муніципалітетів розглядають питання, пов'язані з обмеженням швидкості до 30 км/год в таких районах, як житлові квартали і шкільні зони. Збільшуються юридичні санкції за вуличні гонки і значне перевищення швидкості. Наркоманія, водіння в нетверезому стані в даний час визнається в якості зростаючих проблем безпеки дорожнього руху, а також розробляються юридичні контрзаходи для вирішення цих питань. Національна узгодженість з проектування інфраструктури, будівництво і обслуговування координуються з транспортною асоціацією Канади. Провінційні і муніципальні органи влади проводять аудит безпеки дорожнього руху, щоб допомогти розробити більш безпечні дороги для всіх учасників дорожнього руху. Закон про безпеку транспортних засобів у Канаді був оновлений для підтримки узгодженості з іншими режимами безпеки, а саме в Сполучених Штатах Америки, Європейській економічній комісії, Організації Об'єднаних Націй. Канадська рада автотранспортних адміністраторів підготувала національний огляд з питань безпеки дорожнього руху, який показав, що 28% опитаних канадців оцінили загальну безпеку дорожнього руху, як "дуже безпечну". В цілому, канадці вважають найбільш небезпечними такі форми поведінки водія як отримання під час водіння текстових повідомлень (89%), водіння після вживання наркотиків (86%) і агресивне водіння (78%) [4,5,6].

У Франції офіційна інформація про безпеку дорожнього руху надходить з Національної бази даних дорожньо-транспортних пригод і представляє результати в основному для континентальної Франції, якщо тільки спеціально не вказано, що включені дані із зарубіжних областей. Дорожньо-транспортні пригоди, що призводять до травм, реєструються поліцейськими на своє власне програмне забезпечення відповідно до виділеного форматом "травми від нещасного випадку". Ці файли потім збирають в центрі веб-програмного забезпечення і складають національну базу RTA. Цей процес управляється французькою обсерваторією з безпеки дорожнього руху (ONISR). Інформація про кількість постраждалих є дуже точною. В той же час Французький інститут науки і техніки для транспорту, розвитку і мереж (IFSTTAR) оцінює, що кількість постраждалих значно недооцінюється і може бути в чотири рази більше, ніж зареєстрована. Поточна мета французького уряду полягає в скороченні числа ДТП зі смертельними наслідками нижче 2000 к 2020 року, що відповідно до мети Європейської комісії щодо скорочення вдвічі числа загиблих й 2020 році. Для реалізації Стратегії безпеки дорожнього руху для 2011-2020 рр. уряд Франції доручив юрисконсультам Агенції Національної безпеки дорожнього руху розробити нові заходи щодо забезпечення безпеки дорожнього руху. У той же час Міністерство внутрішніх справ співпрацює з іншими міністерствами по розробці необхідних заходів. Міністр внутрішніх справ очолює Міжвідомчий комітет з безпеки дорожнього руху та збори представників міністерств, в яких приймаються рішення. ONISR обсерваторія повідомляє директору Міжвідомчого комітету з безпеки дорожнього руху і відповідає за управління базою даних дорожньо-транспортних пригод, аналізує роботу з безпеки дорожнього руху та організацію досліджень для підготовки нових заходів. Основні пріоритети, визначені урядом, полягають в наступному:скоротити число жертв серед молоді і початківців водіїв,скоротити число жертв серед двоколісних моторизованих

транспортних засобів,проводити боротьбу з основними краш-факторами, що сприяють швидкості і невпевненому управлінню автомобілем (алкоголь/наркотики). Експертний комітет консультування Національної ради з безпеки дорожнього руху підготував першу доповідь ще в 2013 році про заходи щодо скорочення числа смертельних випадків, в тому числі зниження граничної швидкості на окремих проїзних частинах, використання алкозамків, скорочення числа дорожньо-транспортних бічних перешкод і зміцнення управління безпеки дорожнього руху. Конкретний звіт про учасників дорожнього руху з більш високим ризиком (велосипедисти, мотоциклісти, молодь і літні люди) був завершений в 2014 році. Були випущені рекомендації уряду з питань Національної безпеки дорожнього руху. Деякі з них вже реалізовані (наприклад, камери фіксування швидкості, самостійне тестування рівня алкоголю, правила для мотоциклістів, водіння між двома доріжками, заборона на використання аудіо навушників, стандартизацію номерних знаків механізованих двоколісних транспортних засобів та інші). Робочі групи з міністерствами по конкретним темам продовжують розробляти нові заходи. В результаті європейської директиви, з січня 2013 року були створені ліцензії для нових категорій водіння, які реалізують прогресивний доступ до більш потужних моторизованих дво- та квадроциклів. З 1 листопада 2014 року, було дозволено практику водіння у віці до 15 років (замість 16 раніше)в супроводі. Молоді люди зможуть взяти ліцензію на здачу іспиту з водіння, хоча самостійне кермування їм не дозволяється, перш ніж виповниться 18 років. Важливим аспектом в системі безпеки дорожнього руху у Франції розглядається управління швидкістю. В кінці 2013 року налічувалося 2 473 фіксованих камер швидкості, 867 мобільних камер контролю швидкості і 712 світлофорів радарів. Важливе місце відводиться розвитку інфраструктури. Нові автомобільні дороги оснащуються запобіжними смугами по краях дорожньої розмітки для запобігання засинання.В якості одного з першочергових заходів у січні 2015 року було встановлено додаткові жовті “без входу” знаки на дорогах, щоб попередити доступ людей до автомагістралі. Для того, щоб краще знати механізми аварій, французький уряд підтримує європейську ініціативу, щодо вивчення можливостей стандартизації даних про транспортні засоби і зробити їх доступними для дослідницьких цілей. З метою профілактики дорожніх пригод уряд Франції ініціював включення питань безпеки дорожнього руху в освіту в середніх школах. Результати опитування між 2012 і 2013 рр.. показують, що кожен рік 50% середніх шкіл мали провести захід з безпеки дорожнього руху, орієнтований на основну тему (безпечне водіння). Оцінка дій, що проводяться в школах, вказує на те, що отримані результати є специфічними для кожної дії і кожної школи [5,6,7].

Німеччина, найбільша країна в Європі з 80,5 мільйонами жителів, є однією з найбільш моторизованих країн світу. У Німеччині дані про аварії збираються поліцейськими органами різних федеральних земель (Bundesländer), а потім консолідуються на федеральному рівні. Федеральне міністерство транспорту, будівництва і міського розвитку відповідає за транспортну політику і безпеку дорожнього руху на національному рівні. Воно розробляє Національну стратегію безпеки дорожнього руху, в тому числі Національні програми дій з безпеки дорожнього руху, а також встановлює і контролює національні цілі. Зменшення числа аварій і нещасних випадків за два останніх десятиріччя відбувається через активність у всіх областях безпеки дорожнього руху: освітні проекти, пов'язані з безпекою дорожнього руху та поведінкою всіх учасників, а також інфраструктури та безпеки транспортних засобів. Покращення в області безпеки дорожнього руху відбулось через декілька заходів і правил, введених протягом останніх 10 років. До основних з них можна віднести:навчання безпеки дорожнього руху в школахв супроводі програми водіння, заборона вживання алкоголя водіями, поліпшення пасивної і активної безпеки автомобіля, вимога дитячих захисних систем, захисні дерева на узбіччях дороги і додавання захисних огорож для запобігання серйозних аварій мотоциклів. У Німеччині, водіння з вмістом алкоголю в крові 0,5 г/л, карається штрафом та призупиненням дії ліцензії. Водіння під впливом наркотиків вважається злочином. Заборонено використання мобільних телефонів при управлінні будь-яким транспортним засобом,навіть велосипедом. Швидкість часто згадується як фактор високого ризику, в поєднанні з іншими особливостями поведінки, таких як водіння в нетверезому стані. Використання ременів безпеки є обов'язковим для передніх сидінь ще з 1976 року і задніх сидінь з 1984 року. В останні роки використання ременів безпеки для дорослих пасажирів автомобіля безперервно тримається на високому рівні - 97%.Хоча рівень носіння ременів безпеки для дітей залишається високим на рівні 98%, використання конкретних дитячих захисних систем знизилося. Всі водії двоколісних моторизованих транспортних засобів повинні носити шоломи, що і забезпечується у Німеччині на високому рівні - 99%. Для велосипедистів шоломи не є обов'язковими. Моніторинг та оцінка заходів з безпеки дорожнього руху і прогресу

на шляху до мети здійснюється відповідно до звіту про запобігання нещасним випадкамна дорозі, який готується кожні два роки і представляється на німецькому Бундестазі. У доповіді розглядається загальний розвиток безпеки дорожнього руху,який містить повний набір заходів, що здійснюються протягом двох років з моменту останньої доповіді, а також основні поточні науково-дослідні і плановані проекти і заходи. Основною метою Стратегії безпеки дорожнього рухує забезпечення безпечної, екологічно чутливої і стійкої мобільності для всіх учасників дорожнього руху в Німеччині. Стратегія охоплює широкий спектр заходів щодо безпеки дорожнього руху, користувачів, транспортних засобів та інфраструктури.Програма спрямована на вирішення нових завдань, таких як демографічні зміни і мобільність людей похилого віку, і спрямована на забезпечення ефективності дорожньої мережі. Вона відображає останні технологічні розробки в транспортних засобах, таких як системи допомоги водієві, кооперативні системи транспортних засобів і нові концепції двигунів. У цих останніх областях, основний упор робиться на забезпечення розвитку технологій транспортних засобів, які не становлять ризику для безпеки. Метою безпеки дорожнього руху стосовно кількісного цільового показника на 2020 рік є зниження числа загиблих на 40%. Мета була визначена на основі досліджень щодо очікуваного розвитку програми безпеки дорожнього руху до 2020 року. Була розроблена модель для прогнозування числа аварій і нещасних випадків в Німеччині на 2015-2020 роки для різних типів доріг (автомагістралей, сільських і міських доріг). Ризики аварій і травм були розподілені для кожного виду трафіку і віку користувачів дороги[5,6].

Кількість ДТП зі смертельними наслідками в Об'єднаному Королівстві Великобританії є однією з найнижчих в Організації економічного співробітництва і розвитку, на рівні 2,8 смертей на 100 000 жителів. У період з 2000 по 2013 рік, кількість загиблих зменшилася на 51%. Основним джерелом інформації про безпеку дорожнього руху в Об'єднаному Королівстві є Національна система звітності дорожньо-транспортних пригод (STATS19), яка включає в себе інформацію з поліцейських звітів,дані, отримані від коронера в Англії і Північній Ірландії і фіскальних прокурорів в Шотландії, щодо рівня алкоголю в крові загиблих в результаті ДТП, та статистику з лікарень. Департамент транспорту встановлює загальну стратегію безпеки дорожнього руху в Великобританії,яка включає в себе рішення про цілі безпеки дорожнього руху та законодавчі акти з ключових питань безпеки. Місцева влада несе відповідальність за безпеку на своїх дорогах і може використовувати технічні заходи, а також місцеві інформаційнікампанії з метою підвищення рівня безпеки. Безпека дорожнього руху в Північній Ірландії є обов'язком Департаменту охорони навколишнього середовища. Стратегія безпеки дорожнього руху для 2011-2020рр.. для Великобританії була задекларована 11 травня 2011 року. Це заклало основудля моніторингу прогресу в області безпеки дорожнього руху, а саме шести ключових показників:кількість смертельних випадків на дорогах,рівень смертності мотоциклістів,рівень смертності водія і пасажирів автомобілів,рівень смертності велосипедистів,кількість смертей пішоходів,число загиблих в результаті зіткнень за участю водіїв молодше 25 років. Урядомвизначено ряд ключових тем для забезпечення безпеки дорожнього руху:підвищення зручності для користувачів доріг, підвищення рівня освіти і професійної підготовки для дітей, учнів і недосвідчених водіїв,додаткове навчання для водіїв, які роблять помилки у кермуванні і порушують правила і норми, жорсткіші вимоги дотримання правил для автомобілістів, які свідомо обирають небезпечний стиль кермування, децентралізація прийняття рішень і надання місцевої інформації для громадян, щоб вони могли оскаржити пріоритети.У січні 2013 року була опублікованановa редакція керівництва для місцевих органів влади щодо встановлення місцевих обмежень швидкості. В Англії, Уельсі та Північній Ірландії був дозволений максимальний вміст алкоголю в крові на рівні 0,8 г/л. Шотландський уряд з грудня 2014 р. знизив межу вмісту алкоголю в крові від 0,8 г/л до 0,5 г/л. В Північної Ірландії розглядається можливість зниження рівня алкоголю в крові до такої ж межі, як в Шотландії.Дослідження показало, що водії у віці близько 20 років мали найвищі показники водіння в нетверезому вигляді (9%) і наркотичному сп’янінні (1,5%),серед літніх водіїв це поширено вдвоє рідше. Великобританія представила нове законодавство з 2 березня 2015 року щодо водіння з рівнем наркотичної речовини в організмі не вище певної межі. Проведені у країні дослідження показали, що час реакції для водіїв, які використовують ручний телефон на 30% гірше, ніж водіння під впливом алкоголю на дозволеному рівні.І тому визнано незаконним, використання ручного мобільного телефону або подібних пристроїв під час водіння. Існує автоматичний фіксований штраф у разі затримання за допомогою ручного телефону під час водіння. Перевищення швидкості було визнано як фактор 5% всіх аварій у 2013 році,серед них 15% смертельних випадків. Використання ременів безпеки є обов'язковим на всіх

сидіннях.Носіння шоломівє обов'язковим на мотоциклах ще з 1973 р. і на мопедах (максимальна швидкість 45 км/ч) з 1977р.,але не є обов'язковим на велосипедах [5,6].

Висновки. Таким чиномбезпека дорожнього руху може розглядатися як один з державних приорітетів у різних країнах. В кожній країні контроль за дорожньо-транспортними пригодами, смертністю організовується відповідно до адміністративного устрою та національних особливостей. Але спільним для всіх країн є цінність життя людини і її безпека, прагнення виявити чинники аварійності та максимально їх знешкодити технічними, організаційними, просвітніми, юридичними заходами.

Література

1. Постанова Кабінету міністрів України №771 від 05.03.2014 Про схвалення Концепції Державної цільової програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2016 року.

2. Біліченко В.В.,Рациборинський В.В. Аналіз підходів до класифікації автотренажерів для підготовки водіїв./ В.В. Біліченко,В.В. Рациборинський// Міжвузівський збірник "Наукові нотатки"/ Луцьк – 2014. №46. С.29-37.

3. Рациборинський В.В. Перспективи рішення проблеми безпеки дорожнього руху в різних країнах./ В.В. Рациборинський// Матеріали IV-ої міжнародної науково -практичної інтернет - конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільно го транспорту », 15-16 квітня 2016 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України , Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – С.79 -84.

4. Beirness, D.J. and Beasley, E.E., (2011). A Comparison of Drug- and Alcohol-involved Motor Vehicle Driver Fatalities. Canadian Centre on Substance Abuse.- 2011.

5. IRTAD (an International Expert Network and Database on Road Safety Data) - Road Safety Annual Report 2015.

6. IRTAD (an International Expert Network and Database on Road Safety Data) - Road Safety Annual Report 2014.

7. Organization for Economic Cooperation and Development (2008). Speed Management. Paris, France. – 2008.

Стаття надійшла в редакцію 22.04.2016

© В.В. Рациборинський

УДК 629.113

О.В. Рибай
Луцький національний технічний університет

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ НА АВТОТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

В статті розглянуте автотранспортне підприємство ТОВ «Володимир-Волинське АТП-10762», яке пройшло часи занепаду 90-х років XX століття та розпочало рух в реалізації положень та норм ринкової економіки.

Показано, що на підприємстві є ряд автомобілів радянського виробництва, які постійно потребують поточного ремонту, а також є 8 сучасних автомобілів іноземного виробництва, які використовуються при перевезенні вантажів на великі відстані.

Розглянуті основні несправності даних автомобілів та динаміка зміни пробігу протягом 12 місяців 2015 року.

Ключові слова: *технічне обслуговування, поточний ремонт, сервісний центр, несправність, якість, організація, перевезення.*

О.В. Рыбай
Луцкий национальный технический университет

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В статье рассмотрено автотранспортное предприятие ООО «Владимир-Волынское АТП-10762», которое прошло времена упадка 90-х годов XX века и начало движение в реализации положений и норм рыночной экономики.

Показано, что на предприятии есть ряд автомобилей советского производства, которые постоянно нуждаются в текущем ремонте, а также 8 современных автомобилей иностранного производства, которые используются при перевозке грузов на большие расстояния.

Рассмотрены основные неисправности данных автомобилей и динамика изменения пробега в течение 12 месяцев 2015 года.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, текущий ремонт, сервисный центр, неисправность, качество, организация, перевозки.*

O.V. Rybai
Lutsk National Technical University

TO THE DEFINITION OF ROLLING STOCK ORGANIZE OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

The article presents description of the motor company LLC "Vladimir-Volyn ATP-10762". It is shown that the company has a number of Soviet-made vehicles that is constantly needs maintenance, and 8 modern cars, which are used for the transport of cargoes over long distances.

The main malfunctions of these vehicles and the dynamics of their mileage change are given for 12 months in 2015.

Keywords: *maintenance, service center, failure, quality, organization, transportation.*

На утримання автотранспортних засобів у технічно справному стані, що забезпечує ефективний транспортний процес, підприємство повинне здійснювати великі ресурсні витрати. Так, ускладнення конструкції автомобілів зумовлює, як правило, збільшення обсягу робіт з технічного обслуговування і ремонту, зростання витрат на забезпечення працездатності.

З метою аналізу використання автопарку було вибрано ТОВ «Володимир-Волинського АТП-10762», яке розміщене в місті Володимир-Волинський.

Основними завданнями ТОВ «Володимир-Волинського АТП-10762» є:

- надання транспортно-експедиційних послуг під час перевезення зовнішньоторговельних і транзитних вантажів,
- надання послуг виробничого характеру, платних населенню з діагностичних робіт, експортних, технічного контролю, технічного обслуговування та ремонту, замін двигуна, шасі, кузова легкового і вантажного автотранспорту різних марок і модифікацій,
- надання послуг при проведені щорічних технічних оглядів всіх видів,
- діяльність автомобільного вантажного транспорту,
- надання послуг по перевірці газобалонного обладнання транспортних засобів при проведенні щорічних технічних оглядів з видачею відповідних документів,
- технічне обслуговування та ремонт автомобілів,

© О.В. Рибай

- монтаж, ремонт та профілактичне обслуговування засобів сигналізації,
- надання послуг по перевірці технічного стану, при проведенні щорічних технічних оглядів колісних транспортних засобів, мотоциклів та мопедів, тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо - будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів,
- технічні випробовування та дослідження,
- надання допоміжних транспортних послуг, пов'язані із навантаженням і розвантаженням вантажів і багажу усіх видів транспорту, зберігання вантажів під час транспортування усіма видами транспорту,
- надання транспортних засобів з видачею відповідних довідок,
- діагностика, ремонт та технічне обслуговування автотракторної техніки,
- реалізація сільськогосподарської техніки, її ремонт та технічне обслуговування.

Така велика кількість основних видів діяльності обумовлена необхідністю диверсифікації видів діяльності з метою зайняття відповідного місця на ринку надання різноманітних послуг як населенню так і підприємствам і організаціям.

Склад автопарку різноманітний. Крім автомобілів радянського виробництва, характеристика яких описана в таблиці 1, є в наявності 8 сучасних вантажних автомобілів, які є більш надійними, і тому використовуються при перевезеннях на довші відстані. Серед них:

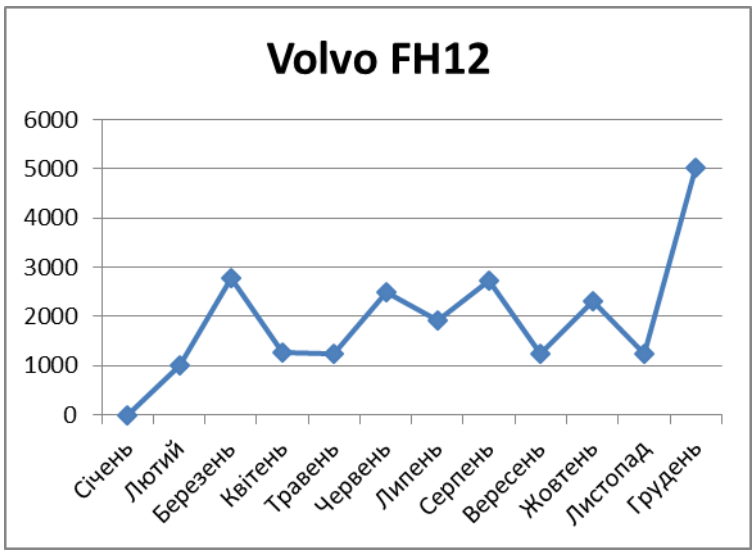
- Volvo FH12,
- Mercedes Actros,
- MAN F2000,
- Scania R420 – 5 автомобілів.

Таблиця 1 - Склад автомобільного парку ТОВ «Володимир-Волинське АТП – 10762»(старі автомобілі).

№ п/п	Марка автомобіля	Державний номер	Рік випуску	Річне планове навантаження
1	ГАЗ-5312	0118 ВНН	1988	33000
2	ЗІЛ-ММЗ-555	07143 ВМ	1965	54900
3	ЗІЛ-ММЗ-555	5401 ВНМ	1974	67100
4	ЗІЛ-ММЗ-45021	05775 ВМ	1987	68000
5	УАЗ-452	0441 ВНН	1989	56000
6	ЗІЛ-441510	0421 ВНН	1989	83200
7	ЗІЛ-441510	8008 ВНН	1992	104000
8	ЗІЛ-441510	5406 ВНН	1991	33800
9	ЗІЛ-441510	8121 ВНН	1992	39000
10	КАМАЗ-5410	0383 ВНН	1989	46000
11	ЗІЛ-ММЗ-4502	3371 ВНН	1990	45000
12	ЗІЛ-ММЗ-4502	9827 ВНЛ	1986	65000
13	ЗІЛ-431410	3329 ВНН	1990	124800
14	ЗІЛ-431410	5093 ВНМ	1987	99840
15	ЗІЛ-431410	3949 ВНМ	1987	40560
16	ЗІЛ-431410	3608 ВНМ	1986	46800
17	УАЗ-3303	3542 ВНМ	1986	55000
18	ЗІЛ-431010	8026 ВНН	1992	63000
19	ЗІЛ-130	9640 ВНЛ	1985	42000
20	ЗІЛ-130	9639 ВНЛ	1985	46000
21	ГАЗ-5201	0865 ВНН	1979	22000
22	ПАЗ-672	0146 ВНЛ	1982	64000

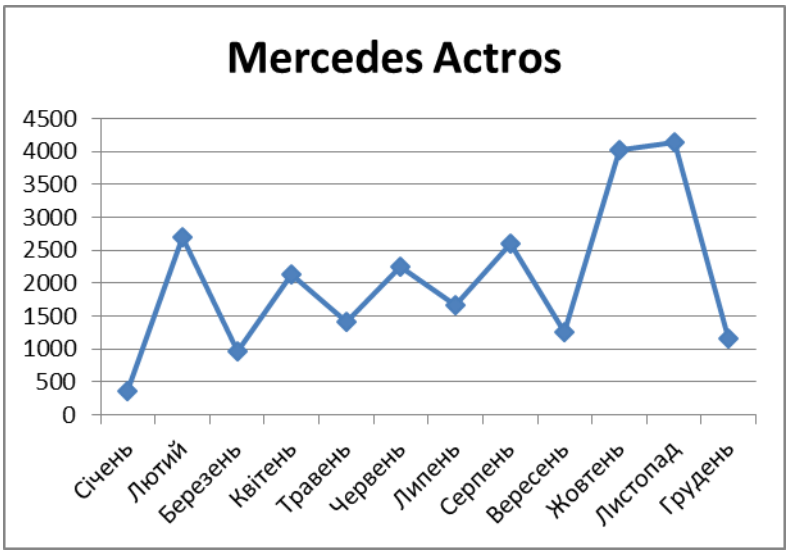
Було проаналізовано помісячний пробіг даних автомобілів за 2015 рік та несправності, які виявлятися під час експлуатації в даний період часу.

© О.В. Рибай



Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 23259 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

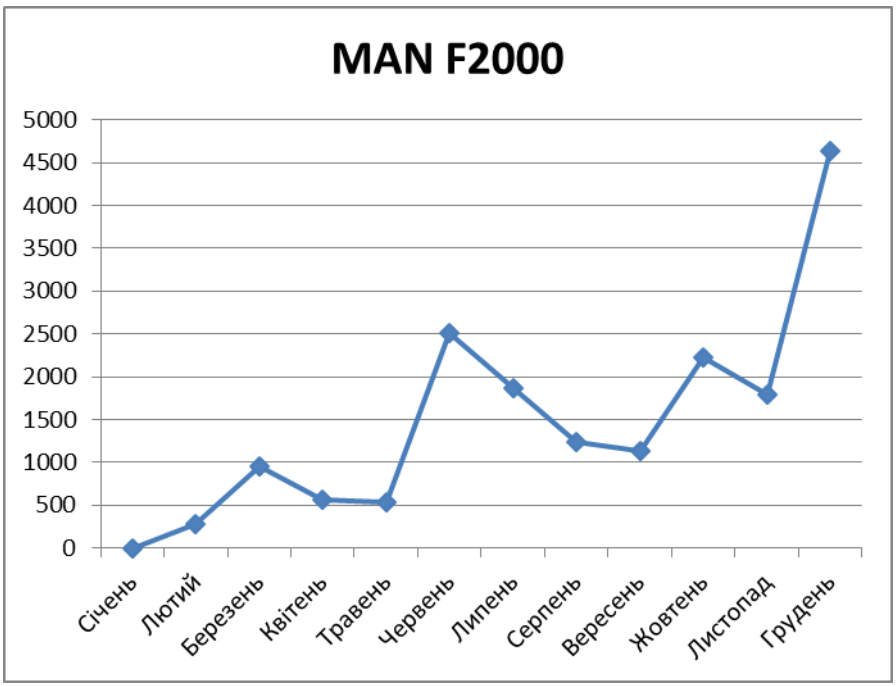
- реставрація вилок карданного вала,
- заміна втулок кабіни,
- заміна вологовідокремлювача гальмівної системи,
- заміна задніх гальмівних колодок.



Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 24698 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

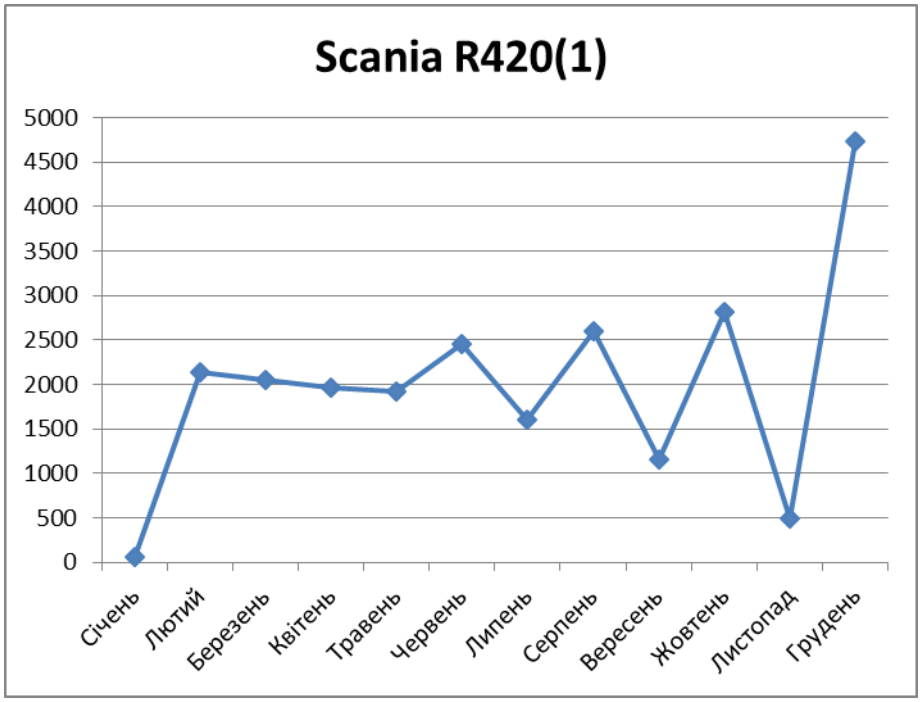
- заміна задніх амортизаторів,
- заміна задніх гальмівних колодок.

© О.В. Рибай



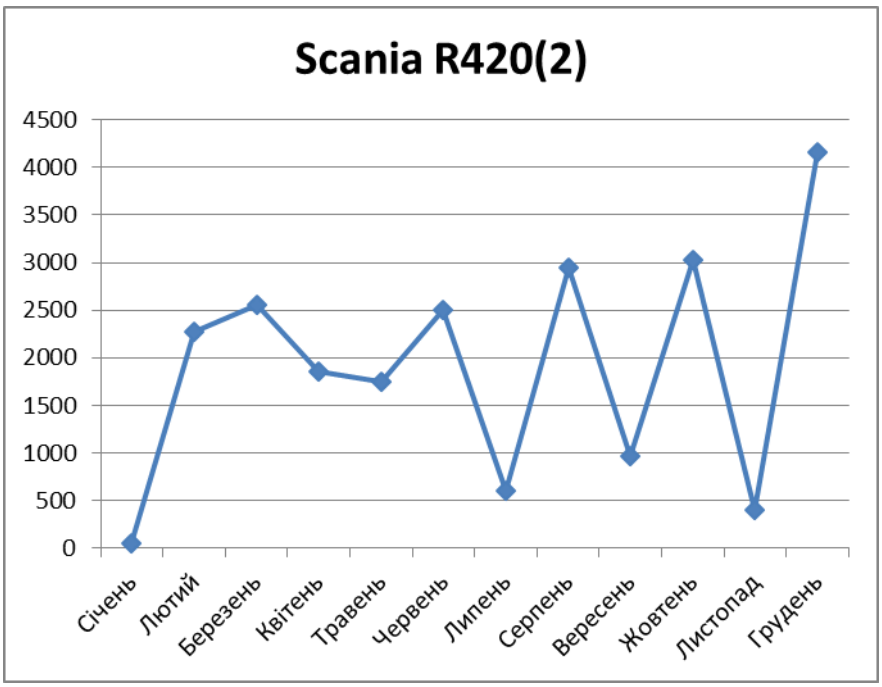
Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 17727 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

- заміна задніх амортизаторів,
- заміна задніх пневмоподушок,
- заміна задніх гальмівних колодок.



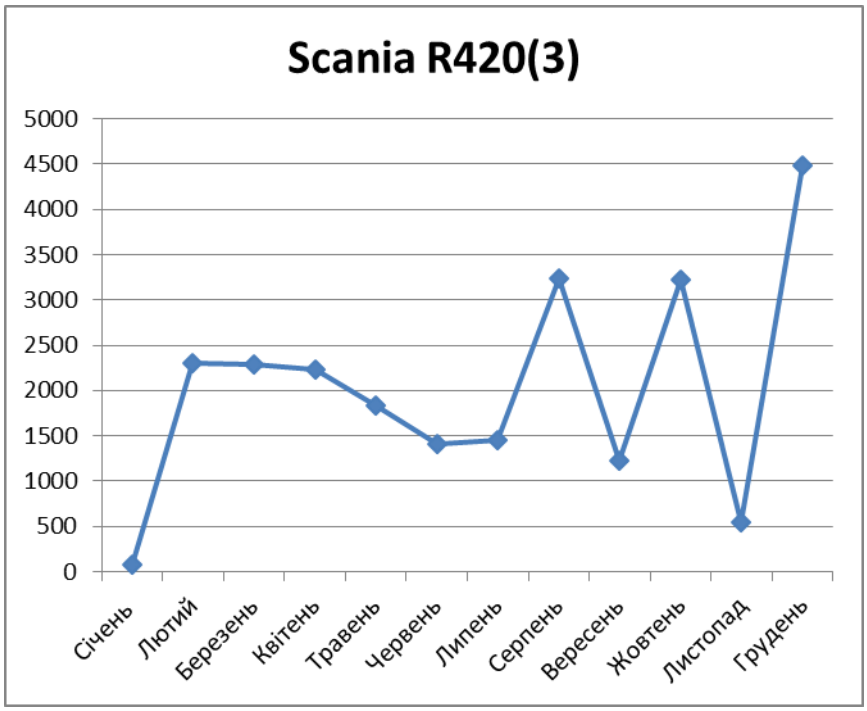
Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 23993 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

- заміна втулок кабіни,
- заміна задніх гальмівних колодок.



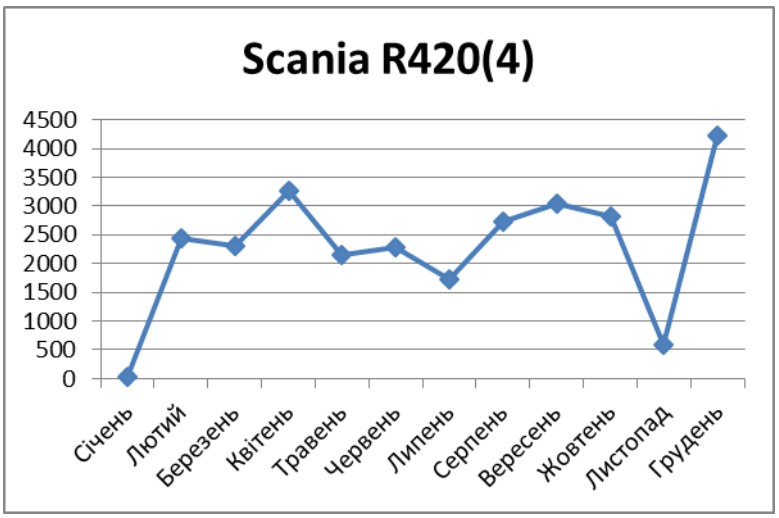
Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 23097 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

- заміна втулок кабіни,
- заміна задніх гальмівних колодок.



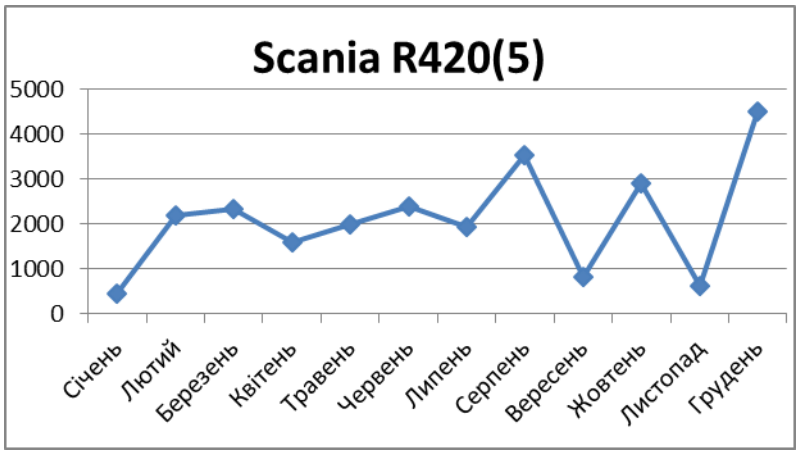
Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 24331 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

- заміна втулок кабіни,
- заміна задніх гальмівних колодок,
- заміна сальника вторинного вала КПП,
- заміна подушок кабіни.



Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 27619 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

- заміна втулок кабіни,
- заміна передніх і задніх гальмівних колодок.



Загальний річний пробіг даного автомобіля становив 25234 км.
При цьому були проведені наступні роботи:

- заміна втулок кабіни,
- заміна задніх гальмівних колодок.

З метою збільшення терміну служби та проведення якісного обслуговування та ремонту автомобілі «Scania» обслуговуються в сервісному центрі «Сканія Львів», який знаходиться за адресою: вул. Кільцева,буд.1, 81085 с. Рясне-Руське, Яворівський р-н., Львівська обл.

Львівська філія ТОВ "Сканія Україна" поєднує функції з продажу і обслуговування техніки Scania та ремонту інших марок вантажної і причепної техніки у Західному регіоні України. Загальна площа території центру складає 1.6 га. Сервісна станція має 6 ремонтних боксів і обладнана сучасними технологіями та професійним технічним інструментом Scania.

Послуги, які надає Львівська філія:

- Продаж техніки Scania;
- Гарантійне, післягарантійне обслуговування Scania;
- Ремонти автомобілів та автобусів Scania;
- Діагностика, ремонт паливної системи, насос-форсунок автомобілів Scania;
- Обслуговування, ремонт напівпричепів та іншої техніки;
- Перевірка, регулювання сходження на стенді JOSAM усих марок вантажної техніки;
- Мийка вантажних автомобілів.

Отже, з аналізу видно, що всі автомобілі при даному пробігу мають схожі несправності. Проте, усунення цих несправностей не вимагає значних капіталовкладень.

Для підвищення економічної ефективності даного підприємства необхідно поступово збільшувати кількість автомобілів закордонного виробництва, оскільки вони є вигіднішими в процесі експлуатації, ніж старі автомобілі радянського зразка.

Література

1.М.Г. Босняк «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с.

2.Керівництво з питань проектного менеджменту: Пер. з англ, / Під ред. С.Д. Бушуєва, — 2-е вид., перероб. — К.: Видавничий дім «Деловая Украина», 2000. — 198 с.

3.Управління інноваційними проектами: конспект лекцій / укладачі: О. О. Міцура, О. М. Олефіренко. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 92 с.

4.Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: учебное пособие. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007. — 432 с.

5.Кравченко О.П. Організація та управління технічного обслуговування та ремонту автомобілів: навчальний посібник/ О.П. Кравченко. **—** Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. **—** 90с.

Стаття надійшла в редакцію 12.05.2016

© О.В. Рибай

УДК 656.025.2

Р.Б. Рогальський
Національний університет «Львівська політехніка»

ЩОДО ФОРМУВАННЯ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МІСТА

В статті розглядається врахування зміни параметрів пасажирських транспортних систем на розподіл загальної кількості пасажиромісць. Удосконалено модель спільного функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту. Отримано закономірності зміни загальної кількості пасажиро місць залежно від обсягу відправлень, показника ступеня функції тяжіння та коефіцієнта динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті.

Ключові слова: *рухливість, місткість, транспортний засіб, пасажиромісткість, транспортна система.*

Р.Б. Рогальский
Национальный университет «Львовская политехника»

К ФОРМИРОВАНИЮ ПАРКА ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ГОРОДА

В статье рассматривается учет изменения параметров пассажирских транспортных систем на распределение общего количества пассажиромест. Усовершенствована модель совместного функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта. Получены закономерности изменения общего количества пассажиромест зависимости от объема отправлений, показателя степени функции тяготения и коэффициента динамического заполнения салонов транспортных средств в городе.

Ключевые слова: *подвижность, емкость, транспортное средство, пассажировместимость, транспортная система.*

R.B. Rogalskyy
National University "Lviv Polytechnic"

FORMATION FOR PARK CITY PASSENGER VEHICLES

The main problem of urban passenger transport is the choice of vehicle (number and capacity) to work on routes. Recent studies regarding the selection of vehicles for use in urban passenger routes can establish basic patterns to choose the number, capacity and brands of vehicles within the parameters of transportation systems. In article the consideration of parameters of passenger transport systems for the distribution of the total passenger seats. The model of joint operation of public passenger transport routes. An patterns of changes in the total passenger seats depending on the volume of items exponent function of gravity and dynamic coefficient of filling the salons of vehicles in the city.

Keywords: *mobility, capacity, vehicle, passenger capacity, the transport system.*

Постановка проблеми. Прийнята квінтесенція, що населення міста розселяється відповідно до місць тяжіння праці [1], не відповідає дійсності. Такі фактори, як мінімум часу руху, мінімум кількості пересадок та ін., не відносяться до тих що визначають собою загального тяжіння між місцем проживання та працею. Визначальним є рівень заробітної плати та вартість утримання житла, що співвідносяться, як більше – менше [2, 3]. І транспорт у цьому плані не є перешкодою.

При цьому головною проблемою найзначніших та значних міст є зростання рівня автомобілізації населення, що призводить до збільшення інтенсивності руху транспортних засобів по вулично-дорожній мережі й зменшення рівня обслуговування ділянок мережі [4].

Головною проблемою організації міських пасажирських перевезень є вибір транспортних засобів (кількості й місткості) для роботи на маршрутах. Причому якщо локально (на окремому маршруті) ця проблема вирішується, то в масштабах міста це є складним завданням, що вимагає більших зусиль із боку розроблювачів пасажирських транспортних систем. Оскільки це завдання є багатофакторнимта динамічним, то й методи для йоговирішення повинні бути відповідні. Тому дослідження з розподілу транспортних засобів на міських пасажирських маршрутах актуальні.

Останні дослідження [5-7], що стосуються вибору транспортних засобів (ТЗ) для роботи на міських пасажирських маршрутах дозволяють встановити основні закономірності на вибір кількості, місткості й марки ТЗ залежно від параметрів транспортних систем. Встановлено, що першим визначається місткість ТЗ, що працюють на маршруті залежно від максимального пасажиропотоку (табл. 1) [8].

© Р.Б. Рогальський

Таблиця 1.

Характеристика вибору місткості транспортних засобів

Пасажиропотік у години "пік" в одному напрямку, пас.	100-500	500-1000	1000-1800	1800-2600	2600-3800	3800 і більше
Місткість транспортних засобів (кількість місць для сидіння й проїзду стоячи), місць	20	40	65	80	110	180

Наступним етапом є розрахунок необхідної кількості транспортних засобів на маршрутах [9]:

$$A = \frac{F_{\max} \cdot t_{\text{об}}}{q_a \cdot \gamma_c}, \quad (1)$$

де $F_{\max}$ – максимальний пасажиропотік, пас.;

$t_{\text{об}}$ – час обороту на маршруті, год.;

q_a – номінальна місткість транспортного засобу, пас.;

γ_c – статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів.

Знаючи необхідну кількість транспортних засобів й їхню номінальну місткість, виконується вибір марки на основі інвестиційного проекту [10]. Проект із кращими показниками оцінки ефективності інвестиційних проектів є найбільш привабливим при використання тієї або іншої марки транспортних засобів для роботи на маршруті.

З іншого боку, існує нормативна складова щодо структуризації парку автобусів громадського транспорту залежно від класу транспортних засобів. Відповідно до "Порядку визначення класу комфортності автобусів" та міжнародної класифікації автобусів, згідно з нормами ЄЕК ООН (ECE RL07), існує класифікація класів автобусів для роботи на міських маршрутах [11]: особливо малі; малі; середні; великі; особливо великі.

Також в роботі [11] наведено характеристику структури автобусного парку, залежно від чисельності населення міста (табл. 2).

Табл. 2.

Рекомендації щодо оптимальної структури парку автобусівгромадського транспорту для міст України

Групи міст за чисельністю населення, тис. чол.	Структура парку за класами автобусів, %				
	мікро (особливо малі)	міні (малі)	міді (середні)	максі (великі)	мега (особливо великі)
до 50	20	30	50	-	-
від 50 до 100	15	33	45	7	-
від 100 до 200	12	25	43	20	-
від 200 до 300	7	20	48	25	-
від 300 до 500	5	20	37	28	10
від 500 до 750	8	17	32	28	15
від 750 і більше	6	15	30	32	17

Але такий підхід є статичним стосовно перевізного процесу пасажирів, тому що існує цілий ряд факторів, які носять імовірнісний характер. Тому необхідно провести дослідження з визначення факторів, які впливають на формування парку пасажирських транспортних засобів міста.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення факторів, які впливають на формування парку пасажирських транспортних засобів міста.

Результати досліджень.Попит та пропозиція на маршрутах вирівнюється не тільки шляхом перерозподілу пасажирів, а й варіюванням кількості транспортних засобів на маршрутах.Якщо допустити, що попит та пропозиція в період функціонування маршрутної системи рівні між собою, то можна записати систему рівностей:

$$\begin{cases} \dfrac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\dfrac{H_{Bi}\cdot H_{\Pi j}\cdot k_j}{l_{ij}^{\ \mu}\sum_{i=1}^{n}\left(H_{\Pi i}\cdot k_i / l_{ij}^{\ \mu}\right)}\cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^{R}A_X\cdot V_{eX}\cdot q_{\mathrm{X}}\cdot T_{\text{пік}}}\cdot\dfrac{\sum_{k=1}^{s}f_{1k}\cdot l_{1k}}{\sum_{k=1}^{s}l_{1k}}=\dfrac{\sum_{k=1}^{s}\dfrac{H_{Bi}\cdot H_{\Pi j}\cdot k_j\cdot J_1\cdot f_{1k}}{l_{ij}^{\ \mu}\sum_{i=1}^{n}\left(H_{\Pi i}\cdot k_i / l_{ij}^{\ \mu}\right)\cdot\sum_{m=1}^{r}J_m\cdot f_m}\cdot l_{ij}}{A_1\cdot V_{e1}\cdot q_1\cdot T_{\text{пік}}} \\ \dfrac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\dfrac{H_{Bi}\cdot H_{\Pi j}\cdot k_j}{l_{ij}^{\ \mu}\sum_{i=1}^{n}\left(H_{\Pi i}\cdot k_i / l_{ij}^{\ \mu}\right)}\cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^{R}A_X\cdot V_{eX}\cdot q_{\mathrm{X}}\cdot T_{\text{пік}}}\cdot\dfrac{\sum_{k=1}^{s}f_{2k}\cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^{s}l_{2k}}=\dfrac{\sum_{k=1}^{s}\dfrac{H_{Bi}\cdot H_{\Pi j}\cdot k_j\cdot J_2\cdot f_{2k}}{l_{ij}^{\ \mu}\sum_{i=1}^{n}\left(H_{\Pi i}\cdot k_i / l_{ij}^{\ \mu}\right)\cdot\sum_{m=1}^{r}J_m\cdot f_m}\cdot l_{ij}}{A_2\cdot V_{e2}\cdot q_2\cdot T_{\text{пік}}}, \\ \ldots\ldots\ldots\

Тоді місткість транспортних засобів (q_X) на *X*-му маршруті можна визначити:

$$q_{\text{X}} = \frac{\omega_X \cdot \left(I_{\min} \le I_X \le I_{\max}\right)}{t_{обX}}. \tag{5}$$

Знаючи місткість транспортних засобів (q_X) на *X*-му маршруті, можна визначити і їхню кількість (A_X):

$$A_X = \frac{\omega_X}{q_X}, \tag{6}$$

або

$$A_X = \frac{t_{обX}}{I_X^в}, \tag{7}$$

де $I_X^в$ – обраний інтервал руху транспортних засобів на *X*-му маршруті, год.

Використовуючи існуючу транспортну систему перевезення пасажирів м. Львова було виконано дослідження щодо розподілу загальної кількості пасажиромісць залежно від різних параметрів пасажирських транспортних систем (рис. 1).

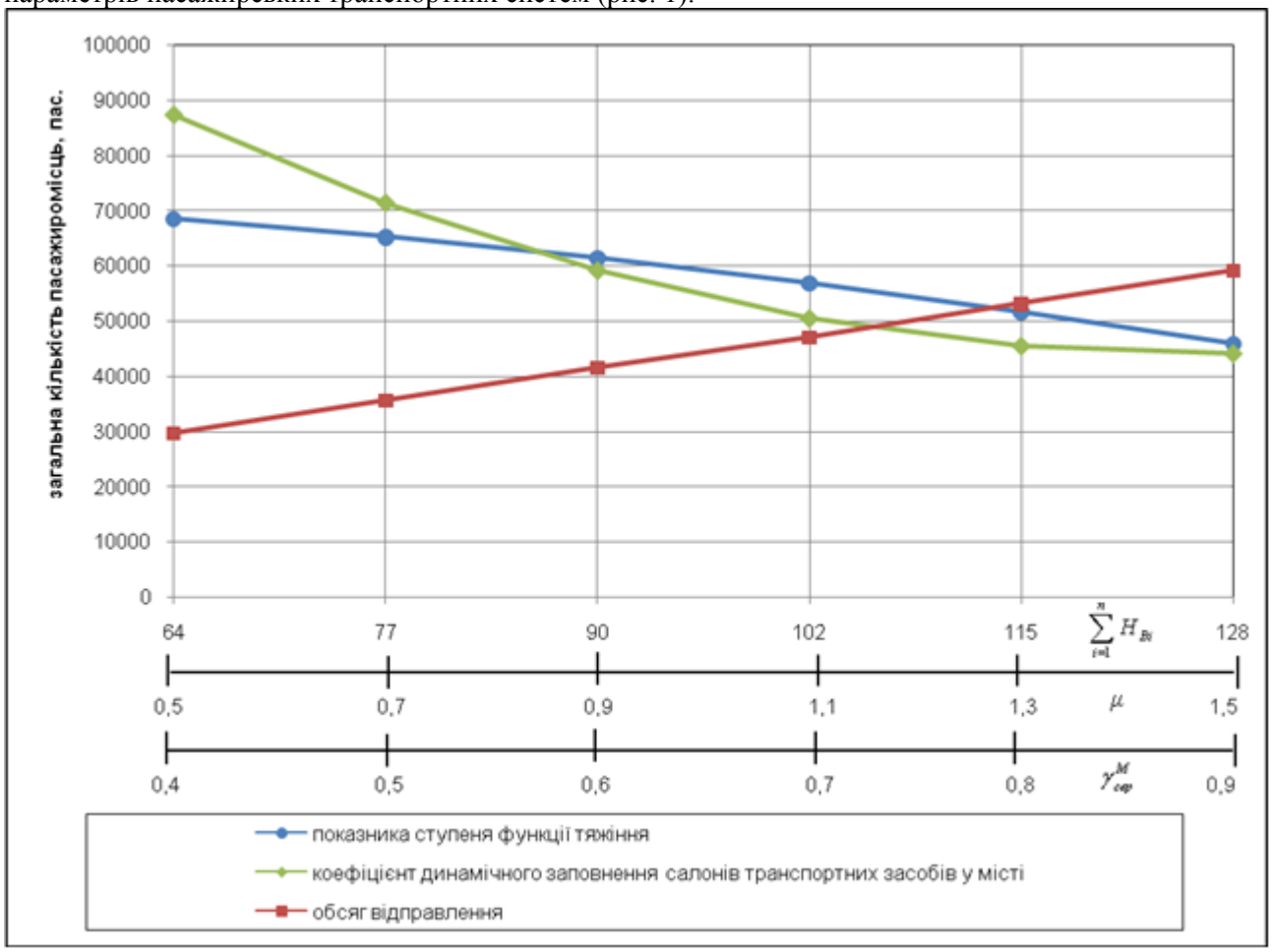


Рис. 1. **Зміна загальної кількості пасажиромісць залежно від обсягу відправлень ($\sum_{i=1}^{n} H_{Bi}$), показника ступеня функції тяжіння (μ) та коефіцієнта динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті ($\gamma_{сер}^{M}$)**

Таким чином наведений графік наочно дозволяє визначити закономірності зміни загальної кількості пасажиромісць залежно відрозглянутихпараметрів пасажирських транспортних систем.

Висновки. Встановлено, що показника ступеня функції тяжіння та коефіцієнта динамічного заповнення салонів транспортних засобів у містівпливають обернено пропорційно на загальнукількість пасажиромісць, обсяг відправлень – прямо пропорційно.

В подальшому необхідним є визначення впливу розглянутихпараметрів пасажирських транспортних систем на розподіл структури парку транспортних засобів (залежно від їх місткості) та розробка практичних рекомендацій по формування парку пасажирських транспортних засобів міста.

Література

1. Гольц Г.А. Транспорт и расселение / Г.А.Гольц. – М.: Наука, 1981. – 248с.
2. Аррак А.О. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок / А.О. Аррак. – Таллин: Ээслин Раамат, 1982. – 198 с.
3. Kenneth Button. Social change and sustainable transport / Kenneth Button, Peter Nijkamp // Journal of Transport Geography. – 1997.– Vol.5, Iss.3. – P.215–218.
4. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху / [Гаврилов Е.В. [та ін.]; за ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2007. – 452с.
5. Доля В.К. Методика вибору пасажирських автотранспортних засобів на маршрутах міста/ В.К. Доля, К.Є. Вакуленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №1/3(37). – С.13-17.
6. Рославцев Д.М.Формування структури автопарку функціонального підрозділу підприємства / Д.М. Рославцев, В.А. Бурма // Восточно-европейский журнал передовых технологий. –2011. – №1/3(49). – С.30-32.
7. Рябуха В.С. Осоливості обліку та оцінки транспортних засобів на підприємстві / В.С. Рябуха // Управління розвитком. - 2013. - №20. - С.152-154.
8. Володин Е.П. Организация и планирование перевозок автомобильным транспортом / Е.П. Володин, Н.И. Громов. – М.: Транспорт, 1982. – 224с.
9. Якунина Т.В.Совершенствование методологии определения структуры подвижного состава городского пассажирского автомобильного транспорта / Т.В. Якунина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №10(129). – С.13-19.
10. Воркут Т.А. Проектний аналіз / Т.А. Воркут. – К.: Український центр духовної культури, 2000. – 440с.
11. Редзюк А.М. Розвиток структури та типажу автобусів громадського транспорту в Україні та ЄС / А.М. Редзюк, Л.В. Крайник // Всеукр. наук.-теор. конф. Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання : тези доп., Львів, 26-28 березня 2015 року. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – С.115-116.
12. Давідіч Ю.О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: [навч. посіб.] / Ю.О. Давідіч. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345с.

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2016

© Р.Б. Рогальський

УДК 656.11

Ю.Я. Ройко
Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ЧАСУ В ОСНОВНИХ ТАКТАХ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ

За допомогою натурних досліджень визначено експериментальні значення стартової затримки під час роз'їзду черги транспортних засобів на регульованому перехресті. Встановлено, що найбільший вплив на цей процес здійснює склад транспортного потоку, ухил на підході до перехрестя, тип та стан дорожнього покриття, виражені у статті, як дорожні умови, а також психофізіологічні особливості водіїв. Важливим завдання наукового дослідження є удосконалення методів та методик щодо управління пропускною здатністю регульованого перехрестя шляхом мінімізації затримок транспорту під час його проїзду.
***Ключові слова**: транспортний потік, затримка руху, черга транспортних засобів, регульоване перехрестя, склад транспортного потоку, інтенсивність руху.*

Ю.Я. Ройко
National University "Lviv Polytechnic"

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ В ОСНОВНЫХ ТАКТА НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

С помощью натурных исследований определены экспериментальные значения стартовой задержки при разъезде очереди транспортных средств на регулируемом перекрестке. Установлено, что наибольшее влияние на этот процесс осуществляет состав транспортного потока, уклон на подходе к перекрестку, тип и состояние дорожного покрытия, выраженные в статье, как дорожные условия, а также психофизиологические особенности водителей. Важной задачей научного исследования является совершенствование методов и методик по управлению пропускной способностью регулируемого перекрестка путем минимизации задержек транспорта при его проезде.
***Ключевые слова:** транспортный поток, задержка движения, очередь транспортных средств, регулируемый перекресток, состав транспортного потока, интенсивность движения.*

Yu. Royko
National University "Lviv Polytechnic"

RESEARCH OF TIME WASTE DURING THE GREEN INTERVALS AT SIGNALIZED INTERSECTIONS

The experimental values of the start delay during vehicle queue discharge at the signalized intersections are determined during field surveys. There is established that the biggest effect for this process is caused by traffic flow composition, grade at the intersection approach, type and condition of pavement, which are called as road conditions, and psychophysiological behavior of drivers. Improvement of methods and methodologies for signalized intersection capacity control by minimizations of traffic delays during its passing is the main task of scientific research.
***Keywords**: traffic flow, traffic delay, vehicle queue, signalized intersection, traffic flow composition, traffic flow volume.*

Постановка проблеми. Удосконалення методів управління транспортними та пішохідними потоками у межах сформованої забудови стає вкрай ускладненим. Інтенсивність досягає максимальних значень, часто зрівнюючись з практичною пропускною здатністю, а облаштування нерегульованих пішохідних переходів, особливо у центральній частині міст, де вони зустрічаються досить часто, спричиняє постійну затримку в русі автомобілів. Втрати часу є надзвичайно великими, безпека руху не забезпечується, тому ефективність транспортної системи є малою.

З метою покращення такої ситуації на перехрестях міських вулиць вводиться світлофорне регулювання, перевагою якого є розведення у часі найбільш інтенсивних потоків конфліктуючих напрямків, що збільшує показники безпеки руху, впорядковується руху пішоходів, які не можуть користуватись своїм пріоритетом на перетин проїзної частини у будь-які проміжки часу тощо. Проте, введення систем світлофорного регулювання не завжди розв'язує питання затримки руху, оскільки тепер вона визначається параметрами циклу регулювання і особливостями пофазного роз'їзду транспортних засобів.

Роз'їзд черги транспортних засобів на регульованому перехресті складається з декількох умовних етапів: 1) стартова затримка; 2) роз'їзд черги до досягнення максимальної інтенсивності;

© Ю.Я. Ройко

3) максимальна інтенсивність роз'їзду (потік насичення); 4) сповільнення роз'їзду під час мигання зеленого сигналу; 5) час прориву (проїзд транспортних засобів на жовтий сигнал).

Розглянемо детальніше першу складову роз'їзду черги. Навіть із ввімкнення дозволяючого сигналу транспортні засоби, які є у потоці не відразу розпочинають рух, оскільки існує так звана стартова затримка на стоп-лінії. Стартова затримка – це постійна затримка транспортних засобів у циклі регулювання на початку основного дозволяючого такту.

Оцінка стартових втрат часу представляє безперечний практичний інтерес, особливо у випадках застосування коротких фаз [1–5]. Величина втраченого часу під час старту за даними різних авторів варіює в межах від 0,8 с до 4,5 с [1,2,4,6,7]. Такий широкий діапазон значень свідчить про різноманітність умов руху на регульованих перехрестях, де проводилися такі дослідження.

Стартові втрати часу можуть встановлюватися як у результаті спеціалізованих натурних досліджень, так і під час дослідження більш загального характеру в результаті побудови кумулятивної кривої (рис. 1) [4–6,8–10].

У працях [1,2,6,7,12] детально вивчено вплив різних чинників на величину стартових втрат. Насамперед відзначено вплив тривалості допоміжного такту (тобто тривалості горіння червоного і жовтого сигналів) $t_{ч-ж}$. Для стартових втрат часу $t_{ст}$ найкращу апроксимацію даних досліджень дала залежність (1) [1,2]:

$$t_{ст} = 4.25 - 1.35 \cdot t_{ч-ж} \quad (1)$$

Таким чином, збільшення тривалості допоміжного такту (у разі поєднання червоного і жовтого сигналів) знижувало стартові втрати часу. З цього рівняння за тривалості $t_{ч-ж}$ більше 3 с стартові втрати отримують від'ємні значення. Звідси можна зробити висновок, що водії починають рух до зеленого сигналу, що часто спостерігається в наших умовах.

Доцільно також розглянути чинники, які найбільше впливають на стартову затримку усіх автомобілів черги.

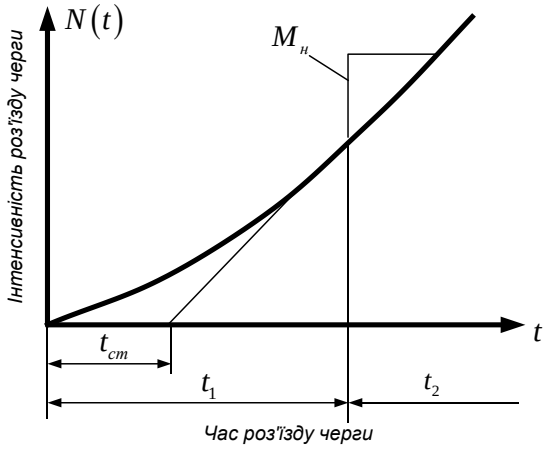


Рис. 1. **Початковий фрагмент кумулятивної кривої: $t_{ст}$ – стартові втрати часу; t_1 – час з моменту ввімкнення дозволяючого сигналу до настання моменту насичення; t_2 – період сталих інтервалів руху через стоп-лінію; $M_н$ – потік насичення (тангенс кута нахилу лінії наростання швидкості роз'їзду черги)**

На думку різних авторів, вона залежить від:

- часу реакції водія на зміну сигналів світлофора, що, у свою чергу, обумовлено його психофізіологічними особливостями та професійними навиками керування автомобілем. У роботах [6,8–10] вона становить 0,85 – 2 с;
- динамічних особливостей транспортних засобів. Для легкових автомобілів затримка, пов'язана з експлуатаційними особливостями може становити 1 – 3 с, а для вантажних, автобусів та тролейбусів до 4 с. Іноді у потоці також необхідно розглядати і рух

трамвайних вагонів та пов'язані з цим технологічні втрати часу на початковому етапі руху [6,9];

- ухилу на підході до стоп-лінії. За умови, коли черга транспортних засобів рухатиметься на спуск, стартова затримка може зменшуватися до 3% на 10‰ ухилу, або ж збільшуватися на таку ж величину за умови руху на підйом [6,12];
- погодних умов, типу та стану дорожнього покриття. Із погіршенням погодних умов, спричинених опадами або ж ожеледицею, зменшується коефіцієнт зчеплення і погіршуються стартові можливості транспортних засобів.

З огляду на це, встановлено, що стартова затримка є постійною сталою величиною втрати часу в циклі регулювання, а її дослідження, на різних за конструктивними особливостями перехрестях, дасть можливість удосконалити підходи до визначення раціональних часових меж його (циклу) складових.

Слід відзначити також те, що часто у фаховій літературі стартову затримку розглядають з погляду втрат часу лише першим транспортним засобом черги, хоча такі втрати часу є у всіх інших, які очікували права на проїзд. Винятком є лише ті, які проїхали стоп-лінію сходу, тобто не мали попередньої затримки в русі. Для оцінки стартової затримки усіма автомобілями необхідно провести аналіз процесу роз'їзду черги під час основного такту.

У зв'язку з цим **метою роботи** є вивчення процесу роз'їзду черги транспортних засобів на регульованих перехрестях з допомогою методів натурного дослідження для подальшої оптимізації режимів регулювання шляхом мінімізації затримок в русі під час проїзду перехрестя.

Результати досліджень. Враховуючи теоретичні методики [8–10] щодо означення та характеристики стартової затримки в межах регульованих перехресть, ґрунтуючись на методах транспортних досліджень [8–10] проведено ряд експериментальних вимірювань цієї величини на вулично-дорожній мережі міста Львова. Початковим етапом таких досліджень є вибір об'єктів та обсягу вибірки. Об'єктами досліджень є регульовані перехрестя, які залежно дорожніх умов (типу і стан покриття) розділені на чотири групи:

I група – перехрестя зі сухим покриттям, яке викладене каменем (без ухилу);
II група – перехрестя зі сухим покриттям, яке викладене каменем (з ухилом, підйом);
III група – перехрестя зі сухим асфальтобетонним покриттям (без ухилу);
IV група – перехрестя зі сухим асфальтобетонним покриттям (з ухилом, підйом).

Виходячи із твердження, що стартова затримка є в усіх автомобілів черги, які були зупинені на стоп-лінії на заборонний сигнал світлофора, проведено ряд вимірювань, за яких визначався час запізнення початку руху першого автомобіля від моменту ввімкнення дозволяючого сигналу світлофора; другого автомобіля від моменту початку руху першого і так кожного наступного. Це дало можливість експериментально визначити середню стартову затримку кожного транспортного засобу у черзі під час її роз'їзду. Результати таких вимірювань зображено на рис. 2.

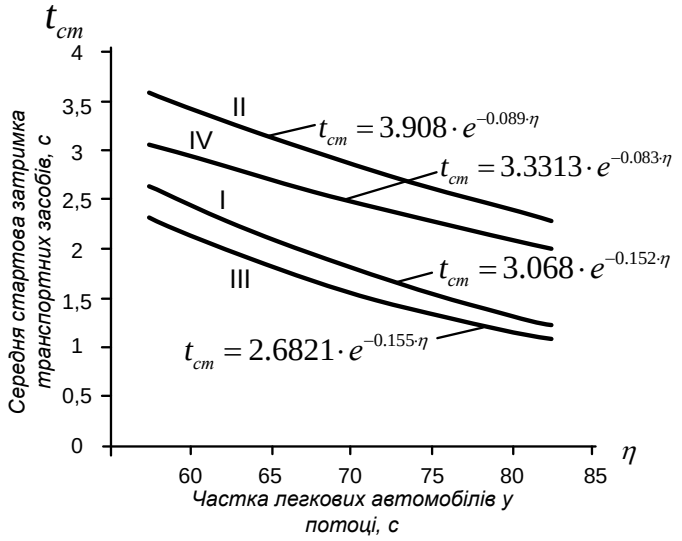


Рис. 2. **Результати досліджень середньої стартової затримки у черзі транспортних засобів на дозволяючий сигнал світлофора залежно складу потоку та дорожніх умов**

© Ю.Я. Ройко

Аналізуючи цю графічну залежність, можна стверджувати, що за зміни ухилу на 20‰ у порівнянні з горизонтальними ділянками вулиць на під'їзді до перехрестя середня стартова затримка кожного автомобіля черги змінюється на 1,2 – 1,5 с. Дещо меншим є вплив типу та стану покриття, за яких зміна такої затримки становить до 1,0 с. Такі значення результатів дослідження на перший погляд є не значними, але якщо розглядати зазначені втрати часу для кожного транспортного засобу у потоках зі значною інтенсивністю, то за годину втрачаються кілька циклів.

Для детальнішого аналізу проблеми на наступному етапі досліджень основну увагу зосереджено дослідженню впливу складу транспортного потоку на часові параметри роз'їзду черги транспортних засобів. Це необхідно для того, щоб мати можливість оцінити і порівняти його (складу) вплив на динаміку руху за певних дорожніх умов.

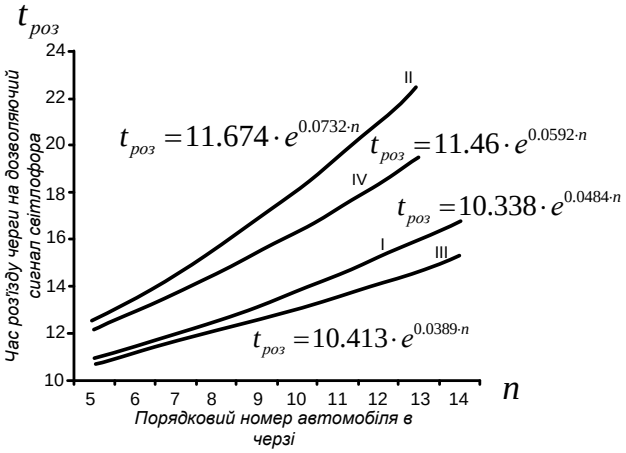
На підходах до перехресть, які розглядалися під час досліджень, транспортні потоки є досить неоднорідними, оскільки окрім легкових та вантажних автомобілів у ньому присутні також автобуси і тролейбуси, що суттєво впливає на процес роз'їзду черги не лише через їх нижчі динамічні характеристики, але також і те, що на цих підходах були необлаштовані зупинки громадського транспорту. Таке інженерне рішення може суттєво впливати на результати досліджень показників транспортного потоку під час руху у фазах регулювання. Проте, такі дослідження можуть дати відповідь на деякі питання щодо доцільності розміщення зупинних пунктів на підходах до регульованих перехресть з погляду оптимізації циклів регулювання, мінімізації затримки транспортних засобів тощо.

Доцільно також зазначити, що під час експериментальних досліджень виявлено існування тривалої стартової затримки на тих підходах, де у суміжній фазі здійснювали рух пішоходи, які на момент ввімкнення дозволяючого сигналу для транспорту не покинули проїзної частини.

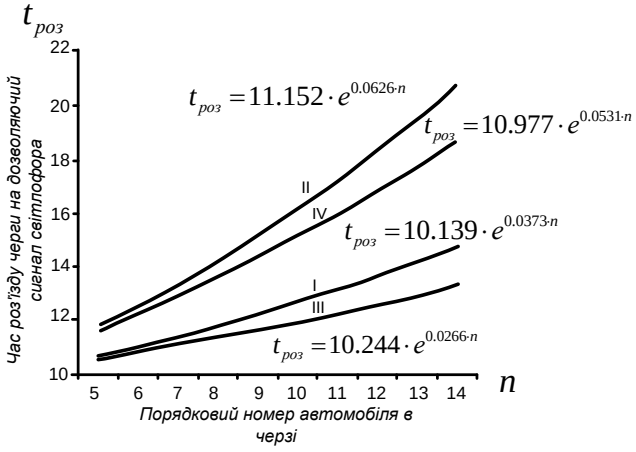
Отож, у результатах вимірювань ці два чинники (зупинки громадського транспорту та наявність перешкод з боку пішоходів), які могли вплинути на викривлення результатів дослідження процесу роз'їзду черги, що складалась з неоднорідного потоку транспортних засобів, не враховувались.

За великої кількості вимірювань загалом вдалося визначити для всіх груп перехресть три типові за складом потоку види черг з близько 60%, 70% та 80% легких автомобілів. Результати вимірювань наведено на рис. 3.

а



б



в

© Ю.Я. Ройко

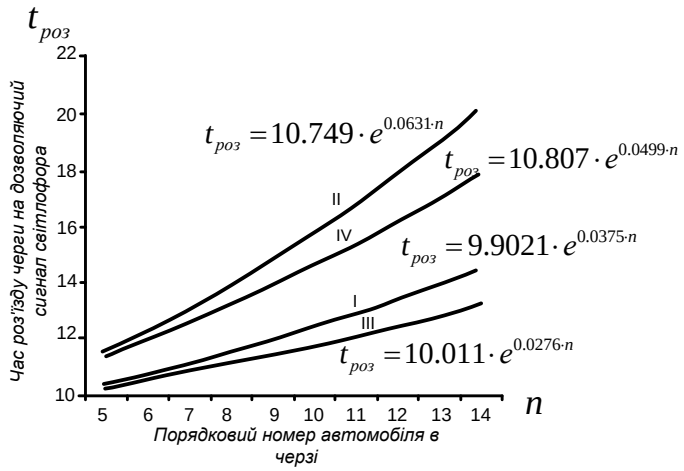


Рис. 3. **Результати натурних досліджень роз'їзду черги транспортних засобів на дозволяючий сигнал світлофора за різних складу потоку, дорожніх умов та типу покриття: а, б, в – черги транспортних засобів у яких відповідно 60%, 70% та 80% легкових автомобілів; I – IV – групи перехресть залежно дорожніх умов та типу покриття**

Оскільки тривалість дозволяючого сигналу на досліджуваних перехрестях була різною, то під час вимірювань визначався час, за який група з 14 транспортних засобів перетинала стоп-лінію. За результатами таких вимірювань можна зробити висновок, що:

- зі збільшенням частки легкових автомобілів на 10% тривалість роз'їзду черги з однакової кількості транспортних засобів зменшується на 2 с для кожної з груп;
- за наявності ухилу 20‰ тривалість роз'їзду черги з однакової кількості транспортних засобів збільшується у середньому на 4–5 с;
- тип покриття дає вплив до 1 с на тривалість роз'їзду черги, якщо воно у сухому стані.

Слід також зазначити, що під час подальших досліджень буде враховуватись тип кожного порядкового автомобіля в групі, а також зміна ухилу на підході до перехрестя, оскільки у результатах наведених досліджень на всіх перехрестях ухил становив близько 20%, тому зроблені висновки порівнюють відмінності в часі роз'їзду черги за його відсутності.

Висновки. За результатами експериментальних досліджень визначено величину впливу дорожніх умов (типу та стану покриття, ухилу на підходах до перехрестя), складу транспортного потоку на величину втрат часу в черзі транспортних засобів у фазі регулювання. Аналіз роз'їзду черги однакової довжини (12 – 14 транспортних засобів) показує найменший час, коли у потоці є 80% легкових автомобілів у третій групі умов – близько 14 с, а найбільший час роз'їзду – за 60% легкових у потоці для другої групи умов – близько 22 с. Найбільші стартові затримки становлять для другої групи умов при складі потоку 60% легкових автомобілів – 3,5 с. Отже, найважливішими чинниками, які можуть впливати на ефективність фази регулювання і пропускну здатність перехрестя, є склад потоку та поздовжній ухил.

Література

1. Левашев А. Г. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособ. / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Иркутск : ИрГТУ, 2007. – 78 с.

2. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении /Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 326 – 328 с.

3. 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.

4. Chen X. Capacity reliability of signalized intersections with mixed traffic conditions /X. Chen, C. Chao, D. Li, C. Dong // Tsinghua science and technology. – 2009. – Vol. 14. – Num. 3. – P. 333-340.

5. Shao Chang-qiao. Study of the saturation flow rate and its influence factors at signalized intersections in China /Chang-qiao Shao, Jian Rong, Xiao-ming Liu //Procedia Social and Behavioral Sciences. – 2011. – 16. – P. 504-514.

© Ю.Я. Ройко

6. Chen X. Influence of bicycle traffic on capacity of typical signalized intersection /X. Chen, C. Chao, H. Yue //Tsinghua science and technology. – 2007. – Vol. 12. – Num. 2. – P. 198-203.

7. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху /В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.

8. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).

9. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник /За заг. ред. В. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. – К. : Знання України, 2012. – 467 с.

10. Markowski M. J. Modeling behavior in vehicular and pedestrian traffic flow /M. J. Markowski. – New York : Umi, 2008. – 162 p.

11. Susilo B.H. Modification of saturation flow by width of road approach /B.H. Susilo, Y. Solihin // Procedia social and behavioral science. – 2011. – Vol. 16. – P. 620-629.

12. O'Flaherty C. A. Transport planning and traffic engineering /Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.

Стаття надійшла в редакцію 28.04.2016

© Ю.Я. Ройко

УДК 629.113

Д.П. Рубан[1], А.Я. Рубан[2]
[1]Черкаський державний технологічний університет
[2]Черкаський державний бізнес-коледж

СТРУКТУРА ПАРКУ АВТОБУСІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ТА АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ

Проведено аналіз структури автобусного парку України. Встановлено, що 56 % автобусів України відпрацювали свій ресурс та потребують оновлення. В деяких випадках ситуацію може виправити проведення капітальних ремонтів.

Ключові слова: *автобус, громадський транспорт, пасажирські перевезення, оновлення автобусного парку, раціональна експлуатація.*

Д.П. Рубан[1], А.Я. Рубан[2]
[1]Черкасский государственный технологический университет
[2]Черкасский государственный бизнес-колледж

СТРУКТУРА ПАРКА АВТОБУСОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ И АНАЛИЗ СИТУАЦИИ

Проведен анализ структуры автобусного парка Украины. Установлено, что 56 % автобусов Украины отработали свой ресурс и нуждаются в обновлении. В некоторых случаях ситуацию может исправить проведение капитальных ремонтов.

Ключевые слова: *автобус, общественный транспорт, пассажирские перевозки, обновления автобусного парка, рациональная эксплуатация.*

D.Ruban[1], H.Ruban[2]
[1]Cherkasy State Technological University
[2]Cherkassy State Business College

STRUCTURE OF BUS PARK OF PUBLIC TRANSPORT OF UKRAINE AND ANALYSIS OF SITUATION

The analysis of structure of bus park of Ukraine is conducted. It is set that 56 % busses of Ukraine worked the resource and need update. On occasion the leadthrough of major repairs can correct a situation.

Keywords: *bus, public transport, passenger transportations, updates of bus park, optimum exploitation.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в Україні налічується значна кількість перевізників пасажирів. Автомобільний транспорт при цьому відіграє суттєву роль. Зокремау внутрішньоміському сполученні провідне місце займають міські автобусні перевезення [1]. У 1990 – 2014 рр. відсоток міських автобусних перевезень склав 27 – 52 % і є максимальним у порівнянні з іншими видами пасажирського транспорту. Наприклад у2014 році метрополітенівським транспортом перевезено. 726 млн. пасажирів (15 %), трамвайним транспортом перевезено770 млн. пасажирів (16 %), тролейбусами перевезено 1097 млн. пасажирів (23 %) та автобусами перевезено 2244 млн. пасажирів (46 %). Тому технічний стан автобусів та структура автобусного парку України заслуговує особливої уваги.

У зв'язку з цим **метою роботи** є аналіз структури, віку міського автобусного парку України та його відповідності нормам безпеки перевезення пасажирів.

Результати досліджень. За статистичними даними [1, 2] з 2000 по 2011 рік кількість автобусів зросла з 140,2 тис. до 175,3 тис. одиниць (рис. 1). В тому числі з 2000 по 2011 рік зросла кількість автобусів у особистій власності з 46,1 тис. до 120,7 тис. одиниць.

Як свідчать офіційні дані [3] більша половина автобусів в Україні потребує оновлення, оскільки лише 44% від загальної кількості автобусів відповідають нормам безпеки для перевезення пасажирів.

За даними 2013 року [3] в Україні проконтрольованих 20300 пасажирських перевізників мають 85,7 тис. одиниць легалізованих автобусів. З них критичного зношування досягли (рис. 2) 200 автобусів, які експлуатуються більше 34 років, 1200–від 29 до 33 років, 3600–від 24 до 29 років, 7900–від 19 до 24 років. Середнє зношування – 16100 автобусів від 14 до 19 років. Частково відповідають нормам безпеки 19000 автобусів–це автобуси від 8 до 13 років. І повністю відповідають нормам лише 37700 автобусів, термін експлуатації яких до 8 років.

© Д.П. Рубан, А.Я. Рубан

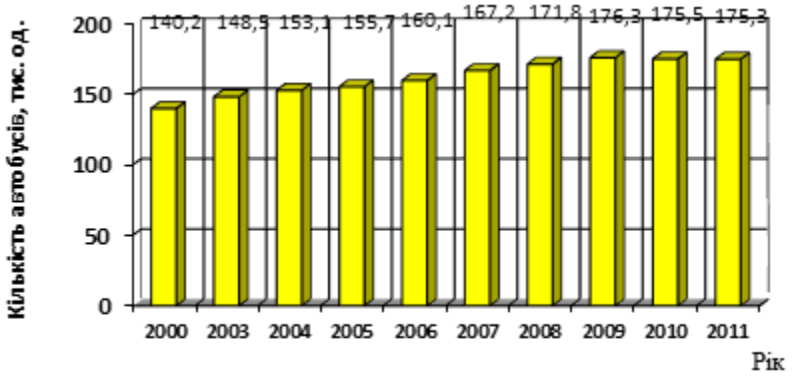


Рис. 1. **Динаміка зміни кількості автобусів в Україні**

При цьому, за оцінками експертів [3], кількість автобусів, котрі використовуються для пасажирських перевезень без наявності належних дозвільних документів, може досягати більше 160 тисяч. Такі «нелегальні» перевізники не забезпечують необхідного рівня комфорту та безпеки, а також все частіше потрапляють в дорожньо-транспортні пригоди від незадовільного стану транспортних засобів та невиконання вимог стосовно умов перевезення пасажирів. Навіть при таких умовах автотранспорт залишається актуальним.

Починаючи з 80-х років структура парку автобусів громадського транспорту України зазнала суттєвих змін [4]. За часів СРСР (рис. 3) спостерігається зменшення частки з 26,3 % до 18 % автобусів малого класу (МК) та середнього класу (СК) з 29,7 % до 15 %. І навпаки зросла кількість автобусів великого класу (ВК) з 37,7 % до 48 % та особливо великого класу (ОВК) із 4,3 % до 12 %. Відповідно за часи СРСР домінуючу частку займали автобуси ВК та СК. Однак, в пострадянський час картина докорінно змінилась. З 1990 року по 2012 рік спостерігається різкий спад кількості як автобусів ВК із 48 % до 4 %, так і автобусів ОВК із 12 % до 0,9 %. В той же час постійно зростає кількість автобусів особливо малого класу (ОМК) та в пострадянський час зростає частка автобусів малого класу (МК). І як результат автобуси ОМК та МК займають домінуюче положення. В 2012 році сумарна кількість автобусів ОМК та МК склала 71 %.

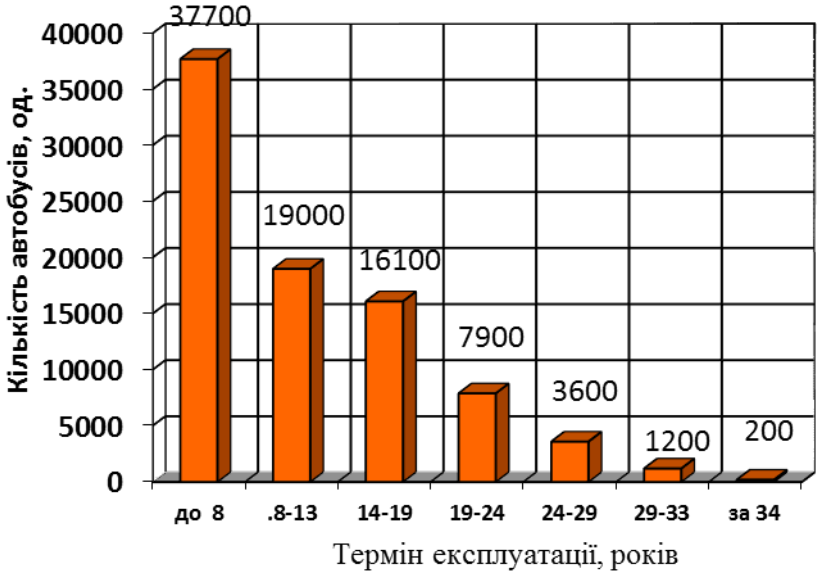


Рис. 2. **Діаграма розподілу кількості автобусів за термінами експлуатації**

Стрімке зростання автобусів малого класу можна пояснити:

-по-перше наявністю українських заводів, що випускають автобуси МК (ПАТ «Черкаський автобус», ПАТ «Бориспільський автозавод» і т. д.);

- по друге порівняно нижчою вартістю автобусів ОМК та МК за автобуси СК, ВК та ОВК;

- по-третє в Україні суттєва кількість перевізників (більше 20 тис.!)[3] і у порівнянні із країнами ЄС у 20–100 разів більша відповідно до еквівалентних обсягів перевезень [4].

© Д.П. Рубан, А.Я. Рубан

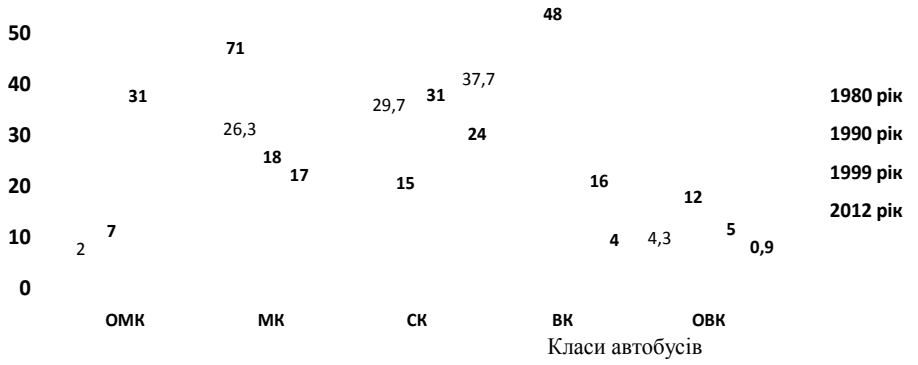


Рис. 3. **Динаміка зміни структури парку автобусів в Україні у відсотках**

Однак ефективність роботи автобусів ОМК та МК нижче ніж автобусів більшої місткості. На це показують порівняння загальної ефективності роботи інфраструктури громадського транспорту, показники якої приведені до еквівалентного обсягу пасажирських перевезень у млн. пас. км. Для автобусів ОМК спостерігається збільшення лінійних витрат палива (у л/100 км)в 2,8–3,2 рази та для автобусів МК існуючого типажу («Богдан», «Еталон», ЗАЗ) – у 1,7 разів у порівнянні з типовими автобусами ВК (ЛАЗ А183 та «Богдан» А701). Крім того необхідна кількість автобусів ОМК для забезпечення еквівалентного обсягу перевезень у порівнянні з ВК – орієнтовно більша у 6 – 6,3 рази та автобусів МК – у 2,7 разів. Це спричиняє додаткове завантаження міських вулиць – зайнятість смуги руху при використанні еквівалентного обсягу перевезень кількості мікроавтобусів ОМК зростає орієнтовно у 3 рази та для автобусів МК відповідно у 1,6– 1,8 разів[4]. У зв'язку з такою ситуацією, для збільшення «ефективності» роботи громадського транспорту перевізниками закуповуються 10 – 15 річні автобуси ВК із країн ЄС, однак це призводить до ще більшого зростання середнього віку автобусів. І на сьогодні тільки 22 – 24 % загальної чисельності автобусів відповідають загальноприйнятим у ЄС допустимим термінам експлуатації на регулярних маршрутах [4].

Висновки. В результаті проведеної роботи встановлено наступне:

- в Україні 44 % автобусів (за нормами ЄС 76 – 78 %!) відпрацювали свій ресурс та потребують оновлення;
- в Україні домінують автобуси МК та ОМК, загальна частка яких 71 %. Однак ефективність їх нижча у порівнянні із автобусами більшої місткості;
- раціональне використання автобусів СК, ВК та ОВК дозволить зменшити кількість одиниць транспорту у містах, зменшити питомі витрати пального та затрати на ремонт і обслуговування. Ефективність роботи таких автобусів особливо проявляється у години пік;
- для раціонального оновлення автобусних парків України на основі оптимізації роботи громадського транспорту у взаємозв'язку із автобусними заводами доцільно розробити єдину спільну стратегію;
- в умовах економічної кризи пасажирські перевізники неохоче проводять оновлення рухомого складу. Тому у цьому випадку важливо спрогнозувати ресурс автобусів та капіталовкладення на ремонт і подальшу експлуатацію. В результаті чого можна визначити раціональні терміни експлуатації. Результати таких прогнозів можуть внести ясність для розрахунків у автотранспортних підприємствах при визначенні реальних термінів окупності та поступового оновлення автобусного парку України.

Література

1. Статистичний щорічник України за 2014 рік: [ред. Жук І.М]. – К.: Державна служба статистики України, 2015. – 586 с.

2. Автомобільна статистика України (стислий огляд)2010. – К.: Державна служба статистики України, 2010. – 37 с.

3. Половина автобусов в Украине требует обновления[Электронный ресурс]. - Режим доступу: http://transport-journal.com/news/autotransport-i-dorogi/polovyna-avtobusov-v-ukrayne-trebuet-obnovlenyya/

4. Крайник Л.В. Розвиток структури та типажу автобусів громадського транспорту в Україні та ЄС / Крайник Л.В., Редзюк А.М. // Перша всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрям їх розв'язання» : тези доп. – Львів, 2015.

Стаття надійшла в редакцію 22.04.2016

© Д.П. Рубан, А.Я. Рубан

УДК 656.13.071

Ю.Ф. Савін, В.Р. Середа, О.М. Фендьо
Національний транспортний університет
Тернопільський національний педагогічний університет

АЛГОРИТМ ПРОЦЕСУ НАДАННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПОСЛУГ З ПАРКУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Значне зростання кількості легкових автомобілів у містах та інших населених пунктах призводить до підвищення попиту на паркування транспортних засобів. У більшості випадків існуюча дорожня й вулична мережа в багатьох містах не в змозі задовольнити більш інтенсивний дорожній рух автомобілів. Однак і вона використовується для паркування транспортних засобів, що суттєво зменшує пропускну здатність доріг.

Ключові слова: *паркування, типи парковок, визначення кількості парко-місць.*

Ю.Ф. Савин, В.Р. Середа, О.М. Фендьо
Национальный транспортный университет
Тернопольский национальный педагогический университет

АЛГОРИТМ ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ АВТОСЕРВИСНЫХ УСЛУГ ПО ПАРКОВЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Значительный рост количества легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах приводит к повышению спроса на парковки транспортных средств. В большинстве случаев существующая дорожная и уличная сеть во многих городах не в состоянии удовлетворить более интенсивный

Ключевые слова: *Автостоянка, типы парковок, определение количества паркомест.*

Yu.F. Savin, V.R. Sereda, O.M. Fendo
National Transport University
Ternopil National Pedagogical University

ALGORITHM OF THE ASSISTANCE PROCESS OF THE AUTOSERVICE VEHICLES VALET PARKING

A significant increase in the number of cars in cities and other localities will increase the demand for parking vehicles. Most of the existing road and street network in many cities unable to meet more intense traffic of cars. However, it is used for parking vehicles substantially reduces the capacity of roads.

Keywords: *Parking, parking types, determine the number of parking spaces.*

Постановка проблеми. Паркування автомобілів на проїзній частині, вздовж тротуару, є самим звичайним ділом. Це створює перешкоду для громадського транспорту, автомобілів, що доставляють товар, автомобілів спеціальних служб, заважає прибиранню вулиць, вивезення снігу, сміття тощо. Паркування транспорту на проїзній частині вулиці погіршує видимість, знижує пропускну здатність доріг, що призводить до створення аварійних ситуацій. Практично відсутні стоянки у місцях, куди масово з'їжджаються люди, тобто театри, кінотеатри, стадіони, супермаркети, торговельні центри. Надзвичайно гостро постає проблема паркування автомобілів в центральних частинах міста, оскільки переважно саме там зосереджена більшість адміністративних будівель та офісних приміщень. Недостатня ємність автомобільних стоянок не дає можливості забезпечити нормальне транспортне обслуговування жителів.

Подальше зростання кількості автомобілів у населення ще більше буде загострювати цю проблему. Тому вже зараз потрібно створюватиме паркувальні майданчики біля житлових масивів, промислових підприємств і громадських закладів.

Питання, пов'язані з проблемою щодо паркування автомобілів, були висвітлені в роботах Б.Б.Анохіна, О.В.Андрєєва, В.Ф.Бобкова, А.П.Васильєва, Д.Дрю, Р.Шаара, Я.А.Калужського, Н.Ф.Хорошилова, Я.В.Хом'яка, Ю.С.Крилова, Ф.Хейта, В.В.Сільянова, Е.М.Лобанова, Ю.М.Сітнікова, Л.Н.Сапегіна, А.Міллера, Я.И.Середяка, М.М.Макаренка, В.П.Поліщука, О.В.Красильникової, О.Т.Ланового, О.А.Білятинського, А.Т.Пальчика, В.М.Богаченко, Б.Гріншільдса, Н.Грінберга, Т.Метсона, Р.Андерсона, Д.Мартіна та інших вчених [1, 2, 3,4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Для уникнення проблеми з паркуванням автомобілів потрібно, щоб паркувальні майданчики повною мірою забезпечували потреби у розміщенні автомобілів.

.

© Ю.Ф. Савін, В.Р. Середа, О.М. Фендьо

Результати досліджень.Кількість паркувальних місць багато в чому залежить від типу парковок [18], тобто біля яких об'єктів вони створюються (див. рис. 1). Тому при проведенні розрахунків для визначення кількості паркувальних місць, які потрібно передбачити під час будування або реконструкції тих чи інших об'єктів, першочергово потрібно визначитися із типом парковки.



Рис.1 – **Класифікація парковок**

В даної статті розглядається методика розрахунку потужності паркувальних майданчиків житлових масивів табіля офісних будівель або підприємств.

Алгоритм розрахунків кількості паркувальних місць в залежності від типу парковки наведено на рис. 2. В поданому алгоритмі розглянуто два типи парковок, які відрізняються між собою за призначенням та часовими періодами на корі припадають їхні піки навантаження.

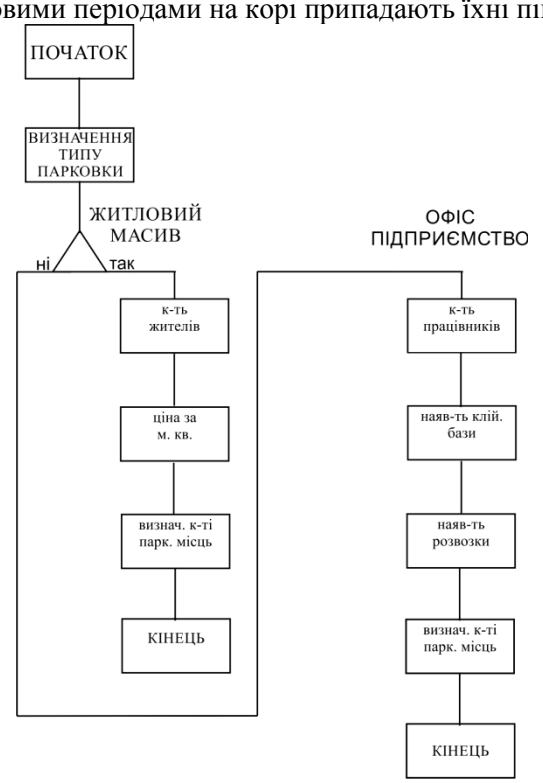


Рис. 2 –**Алгоритм розрахунків кількості паркувальних місць в залежності від типу парковки**

Для розрахунку кількості паркувальних місць у житловому масиві, в першу чергу, слід брати до уваги такі фактори, як:

а) кількість жителів у будинку;

б) престижність житлового масиву, яка визначається вартістю одного м^2;

в) середня кількість автомобілів на 1000 осіб в даному регіоні;

Розрахунок можна проводити за формулою (1), в якій враховані усі вище перелічені фактори, що будуть впливати на потрібну кількість паркувальних місць у житловому масиві.

$$n_{n=}\frac{k\times n_{жит}}{1000}\times c; \quad (1)$$

© Ю.Ф. Савін, В.Р. Середа, О.М. Фендьо

де k – середня кількість автомобілів на 1 тис. осіб в даному регіоні (місті чи області);

nжит–кількість жителів в будинку, для якого проводиться розрахунок;

с – коефіцієнт престижності житлового масиву.

Відповідно до чинних законодавчих документів вартість житла зростає у випадку наявності біля будинку парувального майданчику [19].

Для визначення коефіцієнта престижності житлового масиву прийнято за основу вартість одного м^2 в житловому масиві, для якого проводяться розрахунки (див. таблиця 1).

Таблиця 1

Залежність коефіцієнта престижності житлового масиву від вартості одного м^2

Вартість одного м^2 в житловому масиві,$/м^2	Коефіцієнта престижності житлового масиву, с
… – 500	1,0
500 – 1000	1,2
1000 – 2000	1,4
2000 – 5000	1,6
5000 – …	1,8

За допомогою запропонованої таблиці можна визначити коефіцієнт престижності житлового району, що в свою чергу дасть можливість визначити необхідну кількість паркувальних місць для вибраного житлового будинку.

Для визначення кількості паркувальних місць біля офісних будівель або підприємств слід брати до уваги такі фактори:

а) кількість працівників;

б) наявність клієнтської бази;

в) наявність розвозки для працівників підприємства;

г) кількість автомобілів на 1 тис. осіб в даному регіоні (місті чи області).

Розрахунок для визначення кількості паркомісць доцільно проводити за формулою 2:

$$n_{\text{п}} = \frac{k \times n_{\text{прац}} \times (1-r)}{1000} + n_{\text{кл}}; \qquad (2)$$

де nприац.. – чисельність працівників підприємства чи офісу, осіб;

nкл–клієнтська база (середня кількість автомобілів клієнтів, які приїжджають кожного дня на власних автомобілях);

r – частка працівників, які при наявності власного автомобіля користуються розвозкою підприємства або транспортом загального користування.

Висновки. Запропоновані підходи до розрахунку дозволять визначити достатню кількість парко-місць,яку доцільно закласти у будівельні норми та перед будівництвом різних об’єктів враховувати масштаби паркувальних майданчиків.

Література

1. Афанасьев М.Б., Булатов А.И. За безопасность движения. - М.: Транспорт, 1967. – о215 с.
2. Бабков В.Ф., Афанасьев М.Б. Дорожные условия и режими движения автомобилей. -М.: Транспорт, 1967. – 267 с.
3. Белятьінский А.А., Бигич Б.К. Определение пропускной способности дороги в зависимости от местных условий // Авто дорожник Украины. - Киев, 1965. -№1. – С. 41.
4. Бируля А.К. Влияния интенсивности автомобильного движения на его скорость // Труды ХАДИ. – Харьков, 1975. – №19. – С. 5-14.
5. Боровик Е.Н. Градостроительная организация хранения легковых автомобилей в городах: Автореф. дисс... кан-та техн. наук. / МИСИ. -М., 1973. – 24 с.

© Ю.Ф. Савін, В.Р. Середа, О.М. Фендьо

6. Бородина С.Г. Исследование влияния придорожных предприятий на безопасность движения. // Труды ВНИИ БД МВД СССР. “Инженерние методы организации дорожного движения”. – М., 1979. – № 4. – С. 88-95.

7. Дубровин Е.Н. Городские улицы и дороги. – М.: Транспорт, 1981. – 291 с.

8. Кероглу Л.А. Исследование пропускной способности автомобильных дорог. – М.: Автотрансиздат, 1963. - 85 с.

9. Клинковштейн Г.И., Организация дорожного движения: Учебник для автомобильно-дорожных вузов и факультетов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – С. 172-180.

10. Коноплянко В.И. Организация и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1983. – 240 с

11. Кременец Ю.А., Печерский М.П. Технические средства регулирования дорожного движения. – М.: Транспорт, 1981. – 252с.

12. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. – М.: Транспорт, 1983. – 254 с.

13. Меркулов Е.А. Городские дороги // Конспект. – М.: Высшая школа, 1973. – 76 с.

14. Пальчик А.Н. О пропускной способности автомобильных дорог // Автодорожник Украины. – Киев, 1981. – № 3. – С. 44-45.

15. Романов А.Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции. – М.: Транспорт, 1984. – 80 с

16. Самойлов Д.С. Городской транспорт. – М.: Стройиздат, 1983. – 281 с.

17. Смирнов М.Ф. Технико-зкономическое обоснование пропускной способности автомобильных дорог // Автомобильные дороги. – М., 1960. – № 1. – С. 18-20.

18. Парковочные системы. Обзор и классификация
[Электронний ресурс]. — Режим доступу :
http://www.aamautomatic.ru/service/articles/about/1/

19. Про затвердження Порядку визначення вартості відтворення чи заміщення земельних поліпшень - будинків, будівель та споруд малоповерхового житлового будівництва [Электронний ресурс]. — Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0054-05

Стаття надійшла в редакцію 21.04.2016

© Ю.Ф. Савін, В.Р. Середа, О.М. Фендьо

УДК 656.11

Я.В. Санько
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ НА ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТ

В статті розглядаються методи оцінки планувальних схем вулично-дорожньої мережі й встановлено, що головним недоліком є використання їх усереднених значень. Виходячи з цього, розроблено моделі, що дозволяють встановити параметри транспортних мереж із заданим рівнем зручності переміщення. Отримано закономірності розподілу загального часу руху та кількості смуг руху від довжини ділянки при різній щільності населення та інтенсивності транспортного потоку відповідно.

Ключові слова: *пасажирський потік, транспортна мережа, щільність населення, інтенсивність руху, рівень зручності.*

Я.В. Санько
Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.М. Бекетова

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ГОРОДОВ

В статье рассматриваются методы оценки планировочных схем улично-дорожной сети и установлено, что главным недостатком является использование их усредненных значений. Исходя из этого, разработаны модели, позволяющие установить параметры транспортных сетей с заданным уровнем удобства перемещения. Получены закономерности распределения общего времени движения и количества полос движения от длины участка при разной плотности населения и интенсивности транспортного потока соответственно.

Ключевые слова: *пассажирский поток, транспортная сеть, плотность населения, интенсивность движения, уровень удобства.*

Ia. Sanko
Kharkiv National University named after A. Municipal Economy Beketov

EVALUATION OF FORMATION PASSENGERS ON TRANSPORT NETWORK

The analysis forms the road network of the city was found that the most acceptable is rectangular. Also, the article discusses methods for evaluating planning schemes road network and found that the main drawback is the use of the average values. On this basis, developed a model to set the transport networks with a given level of convenience displacement. An patterns of distribution of total time traffic and number of lanes on the length areas with different population density and intensity of traffic respectively.

Keywords: *passenger flow, transport network, population density, traffic, level of convenience.*

Постановка проблеми. Забезпечення транспортного обслуговування населення міст шляхом розроблення комплексу заходів з транспортного планування територій, потребує врахування соціальних, економічних та екологічних чинників розвитку міста [1-3].

Важливим етапом транспортного планування є розрахунок елементів вулично-дорожньої мережі, тобто, визначення її параметрів (довжини та ширини проїзної частини, тощо). Від правильності вибору форми і структури ВДМ залежать параметри всіх видів переміщень, оскільки будь-яка перебудова елементів ВДМ спричиняє додаткові витрати коштів та незручності за зміни схеми руху. Тому елементи ВДМ необхідно розраховувати на тривалий період без істотних перебудов[1, 3-5].

З початком появи перших "міст", та їх подальшим розвитком, у сучасному розумінні сукупності будівель та споруд, що слугували мешканцям житлом та місцем праці, виникла проблема внутрішніх переміщень. Адже вся територія була забудована таким чином, що між будівлями були вузькі проходи, де могли розминутися лише дві людини [6-7].

І цьому є свої пояснення (економія міського простору, відсутність будь-яких транспортних засобів, особливості рельєфу місцевості і т.д.). Пізніше, з появою різноманітних повозок та використанням у якості основної рушійної сили - коней, постала проблема їхнього переміщення вузькими міськими вулицями. Визначальним моментом, в історії розвитку міст, стала поява перших карет (вагонів) та подальший перехід до сучасних транспортних засобів. Все це наклало свої вимоги щодо організації транспортного обслуговування мешканців, як всього міста, так і окремих його частин [1-2, 5, 7-10].

Основними елементами транспортного обслуговування мешканців є структура та форма вулично-дорожньої мережі міста. Найбільш поширеними формами вулично-дорожньої мережі

© Я.В. Санько

міста є: вільна; радіальна; трикутна; прямокутна; прямокутно-діагональна; гексагональна; комбінована [1-7, 11-12].

Кожна із планувальних структур має свої переваги й недоліки, але для оцінки зручності пересування по вулично-дорожньої мережі міста було розроблено сукупність оцінюючих показників. Серед, яких ступінь непрямолінійності сполучень, щільність вулично-дорожньої мережі, рівень завантаження вулиць та доріг рухом, тощо [1-7].

Головним недоліком перелічених показників є використання їхніх середніх значень. Це дозволяє приймати рішення на макрорівні при розробленні генеральних планів міст, комплексних схем транспорту, тощо.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення впливу пасажирських потоків на формування транспортної мережі міст.

Результати досліджень.З огляду на концепцію розвитку міста відбувається зміна транспортної мережі за рахунок зміни її параметрів. Що стосується існуючої транспортної мережі, то відбувається лише зміна ширини проїзної частини шляхом її розширення (безумовно там де це можливо). В окремих випадках закриття частини вулиць з організацією пішохідного руху.

Такі заходи обумовлені збільшенням інтенсивностей руху транспортних потоків й відповідно зменшенням пропускної здатності елементів транспортної мережі. Але використання такого підходу є тимчасовим й потребує кардинальних змін.

Для того щоб зрозуміти які заходи забезпечать ефективне функціонування транспортних систем міст необхідно розробити модель оцінки впливу пасажирських потоків на параметри транспортної мережі.

Якщо поглянути на схему елементу транспортної мережі із прилеглою територією (рис. 1), то очевидним є те, що:

1) всі потоки розподіляються на місцеві та транзитні;

2) в крайніх точках відбувається розподіл потоків;

3) утворення та поглинання потоків відбувається в місцях приєднання місцевих мереж до магістральної.

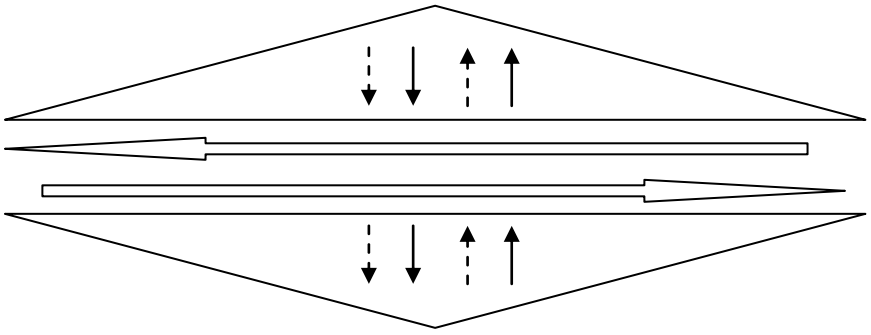


Рис. 1. **Схема елементу транспортної мережі із прилеглою територією:**

– прилегла територія, яку обслуговує ділянка транспортної мережі;

– транзитні транспортні потоки;

– місцеві транспортні та пасажирські (пішохідні) потоки

Перше, що необхідно визначити це кількість населення, яка утворює місцеві потоки. Для цього використаємо деякі припущення:

1) пасажирські (пішохідні) потоки утворює самодіяльне населення;

2) кількість населення визначається його щільністю;

3) часовий період протягом якого відбувається максимальне переміщення – ранковий "пік".

Кількість населення, що утворює пасажирський (пішохідний) потік визначається за залежністю:

$$N_{нас}^{МПТ} = \rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ}, \quad (1)$$

де $\rho_{нас}$ – щільність населення, чол./га;

S_p – площа території, га;

k_c – коефіцієнт, що враховує самодіяльне населення;

$k_{МПТ}$ – коефіцієнт користування МПТ.

Відповідно кількість транспортних засобів МПТ, що задовольняє послугами пасажирів можна визначити за залежністю:

$$A_{МПТ} = \frac{\rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \overline{t_{об}}}{\overline{q_н} \cdot \overline{\gamma_c}}, \quad (2)$$

де $\overline{t_{об}}$ – середній час оберту, год.;

$\overline{q_н}$ – середня місткість транспортних засобів, пас.;

$\overline{\gamma_c}$ – середній коефіцієнт заповнення салонів транспортних засобів.

Для оцінки зручності переміщення місцевих пасажирських потоків доцільно застосувати зворотнє значення коефіцієнт заповнення салонів транспортних засобів:

$$\gamma_c^м = 1 - \gamma_{пік} \quad (3)$$

Тоді залежність (2) набуде вигляду:

$$A_{МПТ} = \frac{\rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \overline{t_{об}}}{\overline{q_н} \cdot (1 - \gamma_{пік})}. \quad (4)$$

Наступним кроком є визначення взаємодії транзитних та місцевих потоків. Для пасажирських потоків – це зупинки МПТ й відповідно визначається загальним часом простою транспортних засобів:

$$T_{пр} = N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{п(в)}, \quad (5)$$

або

$$T_{пр} = A_{тр} \cdot \bar{t}_{пр}, \quad (6)$$

де $\bar{t}_{п(в)}$ – середній час посадки (висадки) пасажира, год.;

$\bar{t}_{пр}$ – середній час простою пасажирського транспортного засобу, год.

Використовуючи залежність загального часу руху на переміщення [8] можливо отримати вираз:

$$T_{заг} = N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{підх} + N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{оч} + N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{п(в)} + N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{рух}, \quad (7)$$

або

$$T_{заг} = N_{нас}^{МПТ} \cdot \frac{\bar{l}_{підх}}{V_{піш}} + N_{нас}^{МПТ} \cdot \bar{t}_{оч} + A_{тр} \cdot \bar{t}_{пр} + A_{тр} \cdot \frac{l_{діл}}{V_{тр}}, \quad (8)$$

де $\bar{l}_{підх}$ – середнявідстань підходу пасажира, км;

$l_{діл}$ – довжина ділянки транспортної мережі, км;

$V_{піш}, V_{тр}$ – швидкість пішохода та транспортного засобувідповідно, км/год.

Враховуючи отримані залежності (1) - (4) вираз (8) має вигляд:

© Я.В. Санько

$$T_{заг} = \rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \frac{\bar{l}_{підх}}{V_{піш}} + \rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \overline{t_{оч}} + \\ + \frac{\rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \overline{t_{об}}}{\overline{q_н} \cdot (1-\gamma_{пік})} \cdot \bar{t}_{пр} + \frac{\rho_{нас} \cdot S_p \cdot k_c \cdot k_{МПТ} \cdot \overline{t_{об}}}{\overline{q_н} \cdot (1-\gamma_{пік})} \cdot \frac{l_{діл}}{V_{тр}}. \quad (9)$$

Для оцінки зручності переміщення транспортних та пасажирських потоків доцільно застосувати рівень завантаження дороги рухом [13]:

$$z = \frac{N}{P}, \quad (10)$$

де N – інтенсивність транспортних засобів, авт./год.;

P – пропускна здатність елементу транспортної мережі, авт./год.

Очевидно, що кількість смуг для руху транспортних засобів із заданим рівнем зручності може бути визначено за залежністю:

$$n = \frac{N}{P \cdot z}, \quad (11)$$

або

$$n = \frac{A_{тр} + A_{МПТ}}{P \cdot z}, \quad (12)$$

де $A_{тр}$ – кількість транспортних засобів, що утворює транспортний потік, авт./год.

Для оцінки впливу пасажирських потоків на формування транспортної мережі, а саме її параметрів було виконано моделювання й отримані результати представлені на рис. 2-3.

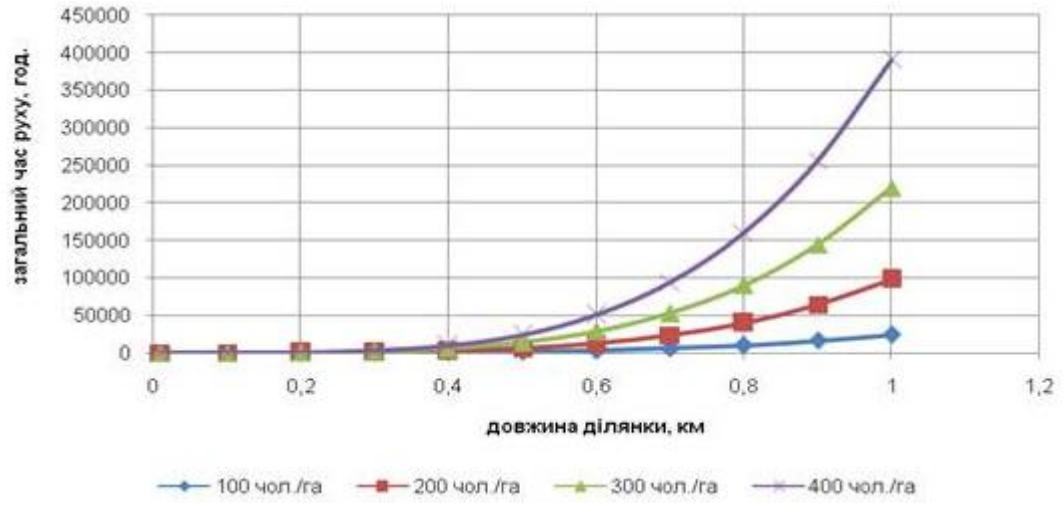


Рис. 2. **Графік залежності загального часу руху від довжини ділянки при різній щільності населення**

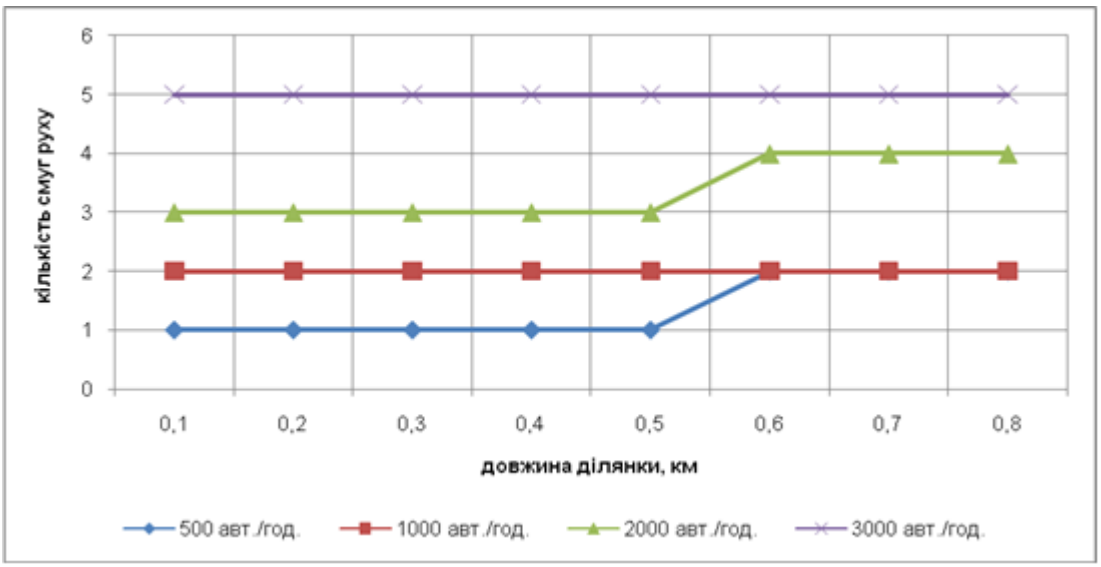


Рис. 3. **Графік залежності кількості смуг руху від довжини ділянки при різній інтенсивності транспортних засобів**

Таким чином цілком зрозуміло, що при збільшенні довжини ділянки транспортної мережі збільшується площа житлової території й відповідно кількість мешканців (потенційних пасажирів). А це нелінійно впливає на загальний час руху на переміщення й відповідно на кількість смуг руху, що неабияк визначає умови руху цією ділянкою й мережею в цілому.

Висновки. В результаті аналізу форм вулично-дорожньої мережі міста було виявлено, що найбільш прийнятною є прямокутна. При цьому вплив довжини ділянки, що є стороною прямокутника, на формування пасажирських потоків не оцінений. Тому було розроблено ряд математичних моделей для оцінки впливу довжини ділянки на загальний час руху на переміщення та кількість смуг руху. Це дозволило отримати відповідні закономірності, що дозволяють стверджувати про нелінійний вплив.

Література

1. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М.Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
2. TaylorN. Urban planning theory since 1945 / N. Taylor. – Gateshead: SAGE Publications, 1998. – 184 p.
3. 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.
4. Moughtin C. Urban design: street and square / C. Moughtin. – Oxford: Architectural Press, 2003. – 320 p.
5. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York: Spon Press, 2005. – 318 p.
6. Косицький Я.В. Основы теории планировки и застройки городов / Я.В. Косицький, Н.Г. Благовидова. – М.: Архитектура-С, 2007. – 76 с.
7. Hall P.Urban and regional planning/ P. Hall. – Routledge, 2002. – 237 p.
8. Доля В.К. Пасажирські перевезення / В.К. Доля. – Х: Вид-во „Форт", 2011. – 507 с.
9. Transport planningand traffic engineering / Edited by C.A. O'Flaherty. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.
10. Rao D.P. Urban passenger transportation / D.P. Rao, K.S. Murthy. – New Delhi: Inter-India Publications, 1997. – 416 p.
11. CuthbertA.Theformofcities/ A. Cuthbert. – Blackwell, 2006. – 304 p.
12. Corey K. Urban and regional technology planning:planning practice in the global knowledge economy / K. Corey. – Routledge, 2006. – 268 p.
13. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін.]; за ред. М.Ф. Дмитриченка / – К.: Знання України, 2007. – 452 с.

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2016

© Я.В. Санько

УДК 656.08

О.В. Сараєв
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Запропоновано для експертних розрахунків з оцінки ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди враховувати швидкісний режим експлуатації. За допомогою розробленої математичної моделі показано вплив притискної або підйомної сили на динаміку гальмування транспортного засобу, який рухається на великих швидкостях, еквівалентних швидкісному режиму експлуатації по за містом.

***Ключові слова**: автомобіль, швидкість, небезпека, гальмування, оцінка, ефективність, модель.*

А.В. Сараев
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Предложено для экспертных расчетов по оценке эффективности торможения транспортных средств при исследовании дорожно-транспортных происшествий учитывать скоростной режим эксплуатации. С помощью разработанной математической модели показано влияние прижимной или подъемной силы на динамику торможения транспортного средства, которое движется на высоких скоростях, эквивалентных загородному скоростному режиму эксплуатации.

***Ключевые слова**: автомобиль, скорость, опасность, торможение, оценка, эффективность, модель.*

V. A. Saraiev
Kharkiv National Automobile and Highway University

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF BRAKING OF THE VEHICLE TAKING INTO ACCOUNT THE SPEED MODE OF OPERATION.

Proposed for expert estimations of efficiency of vehicle braking in the study of accidents to take into account the speed mode of operation. With the help of the developed mathematical model shows the effect of the pressure or lifting force on the dynamics of braking a vehicle that is moving at high speeds, equivalent to rural high-speed mode of operation.

On the basis of the constructed functions can clearly see how influenced by the presence of a lifting or downforce on the dynamics of braking of the vehicle. Even a slight lifting force reduces the braking dynamics of the vehicle and, on the contrary, the downforce increases this momentum. The difference in dynamics of braking between the vehicle that operates the lift, and the car acts downforce, can be 4.7% at the speed of 130 km/h and 10% at speed 200 km/h.

***Keywords**: car, speed, danger, braking, efficiency, model.*

Постановка проблеми. У експертній практиці дослідження дорожньо-транспортних пригод застосовуються методи, які розроблені фахівцями з автотехнічної експертизи і входять до переліку робіт, рекомендованих до використання Міністерством Юстиції України [1]. З цього переліку чимало робіт, у яких відбито експертні методи визначення оцінки ефективності гальмування ТЗ, але нема ні жодної роботи, яка б допомогла експерту дослідити процес гальмування ТЗ у залежності від швидкісного режиму експлуатації. Згідно Правил дорожнього руху можна виділити два швидкісних режиму експлуатації ТЗ – це у місті до 60 км/год та по за містом до 130 км/год.

У свій час найбільш ретельно розкрив процес екстреного гальмування автомобіля проф. Бухарін Н.А. [2]. На його роботи посилаються інші відомі класики з теорії автомобіля, такі як професори Чудаков Е.А., Зімєльов Г.В., Фалькевич Б.С. та ін. [3-5]. Цими авторами було доведено, що при швидкостях до 60 км/год опір повітря суттєвого впливу на ефективність гальмування не оказує. Починаючи зі швидкостей 80–90 км/год опір повітря починає суттєво впливати на ефективність гальмування автомобіля і, якщо цей фактор не враховувати, то погрішність розрахунку гальмівного шляху буде близько 5%. Але даним фактом у методах дослідження дорожньо-транспортних пригод нехтують для того, щоб спростити розрахунки. Також крім сили опору повітря на ТЗ діє підйомна або притискна сила. Цей відомий факт при розрахунках ефективності гальмування ТЗ науковцями та експертами не враховується, що також буде сприяти збільшенню погрішності розрахунку у випадку дослідження дорожньо-транспортних пригод, які трапляються на великих швидкостях руху [6-8].

© О.В. Сараєв

Мета роботи. Покращити точність розрахунку ефективності гальмування ТЗ у випадку дослідження дорожньо-транспортних пригод, шляхом вираховування швидкісних режимів експлуатації, притискної або підйомної сили

Результати досліджень. Для загального обліку і аналізу більшості чинників, які впливають на оцінку ефективності гальмування ТЗ, розглянемо рівняння рівноваги зовнішніх сил, що діють на автомобіль в процесі його гальмування (рис. 1).

Виходячи з наведеної розрахункової схеми запишемо рівняння рівноваги (балансу) сил, що діють на автомобіль при гальмуванні

$$\begin{cases} P_j - \sum R_x - P_{wx} \mp P_\lambda = 0 \\ \sum R_z - G_a \cos\lambda \mp P_{wy} = 0 \\ P_y - \sum R_y = 0 \end{cases} \quad (1)$$

де P_j – повздовжня сила інерції ТЗ, $P_j = m_a j = \frac{G_a}{g} j$, Н;

j – сповільнення автомобіля, м/с^2;

m_a – маса автомобіля, кг;

v – швидкість автомобіля, м/с;

t – час, с;

g – прискорення вільного падіння, g = 9,81 м/с^2;

G_a – вага автомобіля у статичному положенні, Н;

$\sum R_x$ – сума повздовжніх (дотичних) реакцій, що діють в контакті кожного колеса ТЗ з поверхнею дороги, Н;

$\sum R_z$ – сума нормальних реакцій, що діють в контакті кожного колеса ТЗ з поверхнею дороги, Н;

$\sum R_y$ – сума бічних реакцій, що діють в контакті кожного колеса ТЗ з поверхнею дороги, Н;

P_{wx} – проекція сили опору повітря на поздовжню вісь координат *X*, $P_{wx} = 0{,}5 c_x \rho F_x v^2$, Н;

c_x – коефіцієнт обтічності ТЗ;

ρ – густина повітря $\rho \approx 1{,}2$, кг/м^3;

F_x – лобова площа ТЗ, м^2;

P_{wy} – проекція сили опору повітря на вертикальну вісь координат *Z*,

$P_{wy} = 0{,}5 c_y \rho F_y v^2$, Н;

F_y – площа елементів ТЗ, завдяки якої створюється притисна або підйомна сила, м^2;

c_y – коефіцієнт підйомної або притискної сили ТЗ;

P_λ – сила опору підйому ТЗ, $P_\lambda = G_a \sin\lambda$, Н;

λ – величина повздовжнього ухилу дороги, градуси.

© О.В. Сараєв

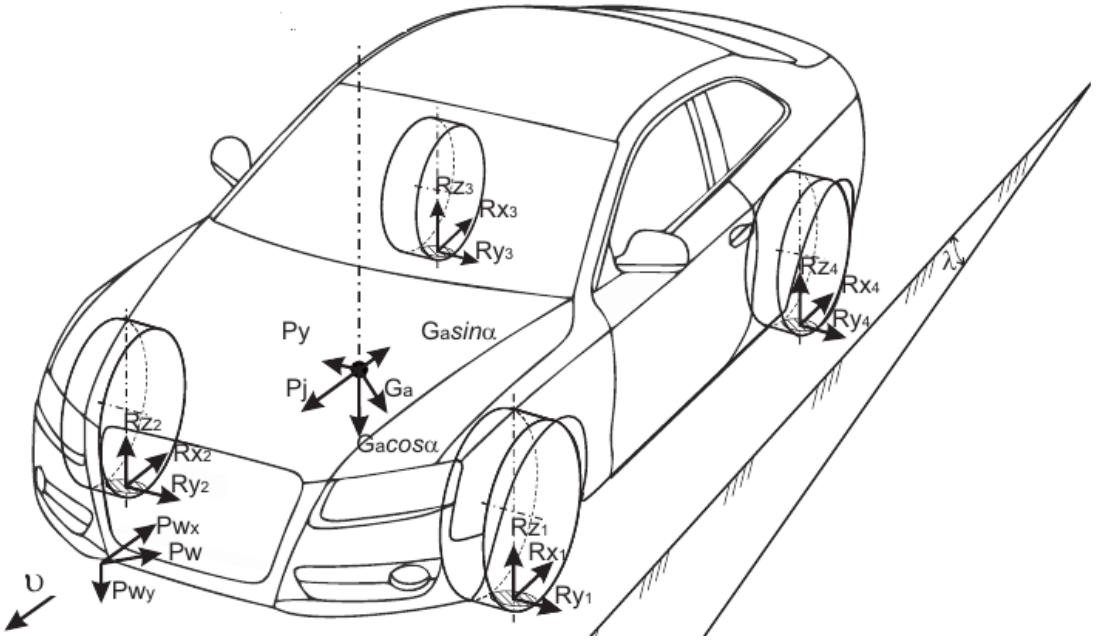


Рисунок 1 – **Схема зовнішніх сил, що діють на автомобіль при гальмуванні**

Проекція сили опору повітря P_{wy} на вертикальну вісь координат додається до ваги ТЗ, якщо ця проекція створю притискну силу, і віднімається від ваги G_a - якщо створюється підйомна сила.

Максимальна гальмівна сила P_T, яку можна реалізувати в плямі контакту колеса з поверхнею дороги, буде пропорційна нормальній реакції R_z та обмежуватися коефіцієнтом зчеплення колеса з поверхнею дороги у даних дорожніх умовах $P_T = R_z\varphi$. Тоді максимально можливу повздовжню реакцію колеса при екстреному гальмуванні можна записати, як

$$R_x = R_z\varphi + R_z f - \frac{J_k\varepsilon}{r_d} = R_z(\varphi + f) - \frac{J_k\varepsilon}{r_d}, \quad (2)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою в напрямку його кочення;

P_f – сила опору кочення колеса, $P_f = R_z f$, Н;

f – коефіцієнт опору кочення коліс ТЗ;

J_k – інерційний момент колеса $J_k = mr_d^2$, кг·м^2;

ε – кутове сповільнення колеса, с$^{-2}$;

r_d – динамічний радіус колеса, м.

Якщо суму нормальних реакцій опорів автомобіля виразити з рівняння рівноваги (1), то отримаємо

$$\sum R_z = G_a \cos\lambda \pm P_{wy}, \quad (3)$$

З урахуванням рівняння (3) сума всіх повздовжніх реакцій коліс при екстреному гальмуванні буде мати вигляд

$$\sum R_x = \left(G_a \cos\lambda \pm P_{wy}\right)(\varphi + f) - \sum\frac{J_k\varepsilon}{r_d}, \quad (4)$$

© О.В. Сараєв

Підставляючи отримані вирази сил до рівняння (1), запишемо розгорнуте рівняння рівноваги при екстреному гальмуванні ТЗ

$$\frac{G_a j}{g}\delta_j - \left(G_a \cos\lambda \pm 0{,}5c_y\rho F_y v^2\right)(\varphi + f) - 0{,}5c_x\rho F_x v^2 \mp G_a \sin\lambda = 0, \tag{5}$$

де δ_j – коефіцієнт обліку впливу інерції обертових мас ТЗ.

З розгорнутого рівняння рівноваги сил виразимо сповільнення автомобіля при екстреному гальмуванні

$$j = \frac{g}{G_a\delta_j}\left[\left(G_a \cos\lambda \pm 0{,}5c_y\rho F_y v^2\right)(\varphi + f) + 0{,}5c_x\rho F_x v^2 \pm G_a \sin\lambda\right]. \tag{6}$$

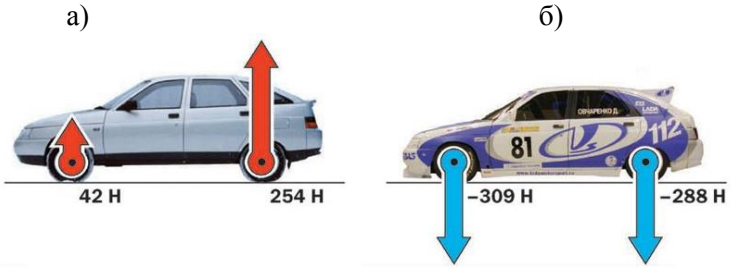
Отримане рівняння сповільнення ТЗ традиційно дозволяє визначити значення сповільнення при заданому значенні швидкості. Але при гальмуванні ТЗ швидкість постійно зменшується, тому сповільнення теж буде зменшуватися. Щоб врахувати такі зміни запишемо рівняння (6) у диференційному вигляді, тобто отримаємо математичну модель оцінки динаміки гальмування ТЗ на високих швидкостях руху з урахуванням лобового опору повітря та притискної (підйомної) сили

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta_j}\left[\cos\lambda(\varphi + f) \pm \sin\lambda + \frac{0{,}5c_x\rho F_x v^2}{G_a} \pm \frac{0{,}5c_y\rho F_y v^2}{G_a}(\varphi + f)\right]. \tag{7}$$

Рішенням математичної моделі є система рівнянь

$$\begin{cases} j(t) = \dfrac{g}{\delta_j} b \dfrac{1}{\cos^2\left[\sqrt{bW}\left(-\dfrac{g}{\delta_i}t + \text{const}\right)\right]}; \\ W = \dfrac{0{,}5c_x\rho F_x}{G_a} \pm \dfrac{0{,}5c_y\rho F_y}{G_a}(\varphi + f); \\ b = (\varphi + f)\cos\lambda \pm \sin\lambda; \\ \text{const} = \dfrac{\operatorname{arctg}\left(v_0\sqrt{\dfrac{W}{b}}\right)}{\sqrt{bW}}. \end{cases}, \tag{8}$$

Щоб оцінити вплив підйомної або притискної сили на динаміку гальмування ТЗ, візьмемо данні цієї сили для стандартного та спортивного автомобіля ВАЗ (рис. 2)



а) Стандартний ВАЗ-2112; б) ВАЗ-2112 Лада-автоспорт

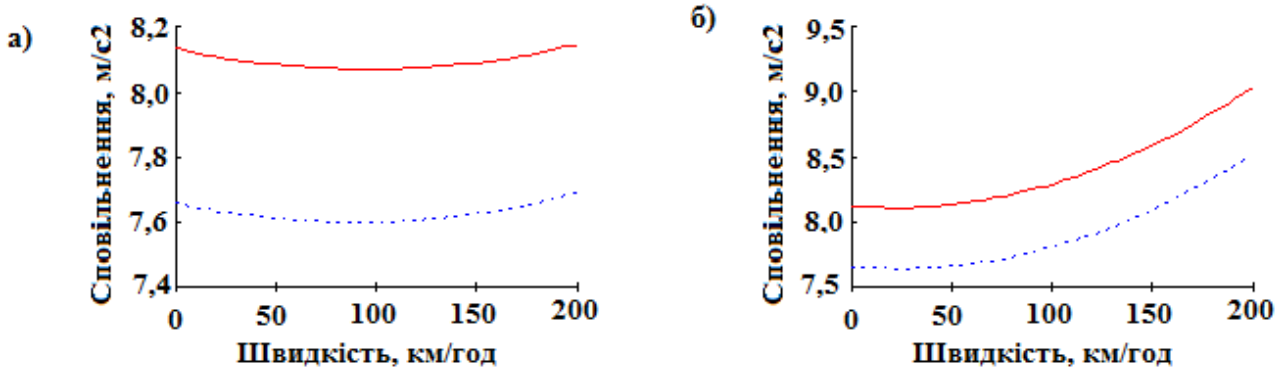
Рисунок 2 – **Розподіл підйомних та притискних сил на швидкості 144 км/год**

© О.В. Сараєв

Розрахуємо коефіцієнт підйомної або притискної сили за формулою

$$c_y = \frac{P_{wy}}{0{,}5\rho F_y v^2} \tag{9}$$

Отримаємо для стандартного ВАЗ-2112 $c_y = 0{,}19$, а для ВАЗ-2112 Лада-автоспорт $c_y = 0{,}39$. Підставимо вихідні дані у математичну модель (8) та розрахуємо функції сповільнення (рис. 3)



а) для стандартного ВАЗ-2112; б) для ВАЗ-2112 Лада-автоспорт

Рисунок 3 – **Функції сповільнення ТЗ з урахуванням притискної або підйомної сили**

На підставі побудованих функцій можна наочно побачити, як впливає наявність підйомної або притискної сили на динаміку гальмування ТЗ. Навіть незначна підйомна сила зменшує сповільнення ТЗ та, навпаки, притискна сила збільшує ефект від опору повітря на динаміку гальмування ТЗ. Різниця у динаміки гальмування між ТЗ, на який діє підйомна сила, та ТЗ, на який діє притискна сила, складає 4,7 % на швидкості 130/км/год та 10% на швидкості 200 км/год.

Висновок. Удосконалена розрахункова модель динаміки екстреного гальмування ТЗ, яка на відміну від відомих моделей враховує вплив на ефективність гальмування ТЗ притискної або підйомної сили, що дозволяє покращити точність розрахунку динаміки гальмування ТЗ, особливо, при дослідженні дорожньо-транспортних пригод, які трапляються у швидкісних режимах експлуатації по за містом.

Література

1. Про затвердження переліків рекомендованої науково-технічної та довідкової літератури, що використовується під час проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 30 липня 2010 року N 1722/5. – К., 2010. – 94 с.

2. Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / Н. А. Бухарин. – М – Л. : Машгиз, 1950. – 292 с.

3. Чудаков Е. А. Теория автомобиля / Е. А.Чудаков. – М. : Машгиз, 1950. – 344 с.

4. Зимелев Г. В. Теория автомобиля / Г. В. Зимелев. – М. : Машгиз, 1959. – 312 с.

5. Фалькевич Б. С. Теория автомобиля / Б. С. Фалькевич / – М. : Гос. Науч.–техн. изд–во машиностр. лит., 1963. – 239с.

6. Туренко А.Н. Исследование тормозной динамики автомобиля при анализе дорожно-транспортного происшествия /А.Н. Туренко, В.И. Клименко, А.В. Сараев, А.О. Малявин А. О.// Автомобильный транспорт: сб. нучн. тр. – Х.: ХНАДУ. - 2010. Вып. 26. – С. 17-22.

7. Туренко А.М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / А.М. Туренко, В.І. Клименко, О.В. Сараєв, С.В. Данець. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 320 с.

8. Туренко А.М. Оцінка ефективності гальмування транспортних засобів в структурі дослідження дорожньо-транспортної пригоди / А.М. Туренко, О.В. Сараєв // Наукове видання: Монографія. – Харків: вид. ХНАДУ, 2015. – 354 с.

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2016

© *О.В. Сараєв*

УДК 629.113

В.П. Сахно, Є.М. Місько
Національній транспортний університет

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРА ЖОРСТКОСТІ ПІДВІСКИ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Приведена методика визначення характеристик жорсткості підвіски колісного транспортного засобу (КТЗ) на основі зіставлення результатів натурного експерименту і аналізу математичної моделі вертикальних коливань, що має дві міри свободи.

Ключові слова: *вертикальна динаміка, коефіцієнт жорсткості підвіски, нерівність, коливання, ідентифікація, жорсткість, математичне моделювання, транспортний засіб*

В.П. Сахно, Е.М. Мисько
Национальной транспортный университет

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРА ЖЕСТКОСТИ ПОДВЕСКИ КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Приведена методика определения характеристик жесткости подвески колесного транспортного средства (КТС) на основе сопоставления результатов натурного эксперимента и анализа математической модели вертикальных колебаний, имеющей две степени свободы.

Ключевые слова: *вертикальная динамика, коэффициент жесткости подвески, неровность, колебания, идентификация, жесткость, математическое моделирование, транспортное средство.*

V. Sakhno, E. Misko
National Transport University

IDENTIFICATION OF VEHICLE SUSPENSION STIFFNESS PARAMETER

Present methods of determining the characteristics of the wheeled vehicle suspension stiffness based on comparison of the results of model experiment and analysis of mathematical model of vertical oscillations with two degrees of freedom.

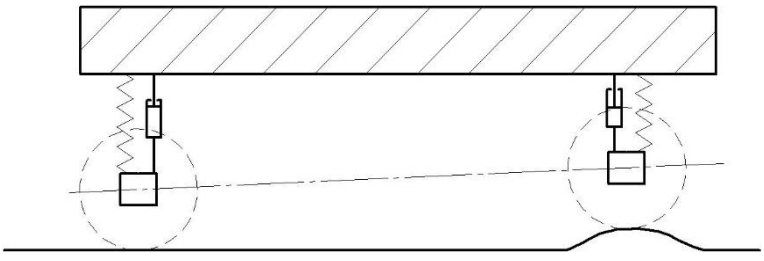
Keywords: *vertical dynamics, stiffness coefficient of the suspension, roughness, fluctuation, identification, stiffness, mathematical modeling, vehicle.*

Постановка проблеми. При розрахунках плавності ходу автомобіля **з**авдання полягає в ідентифікації жорсткісних характеристик підвіски. При цьому для спрощення розрахунків приймається, що власною жорсткістю шин і характеристиками їх демпфування можна знехтувати. У статті показана принципова можливість визначення жорсткості підвіски на основі інформації про усереднений період її коливань, отриманої в експерименті.

Мета статті. Ідентифікація параметрів жорсткості підвіски колісного транспортного засобу (КТЗ) на основі зіставлення результатів натурного експерименту з результатами математичного моделювання системи рівнянь вертикальної динаміки (двох зв'язаних лінійних осциляторів, що описують коливання галопування і підстрибування).

Результати досліджень. При русі колісного транспортного засобу по дорожньому полотну виникають складні зворотно-поступальні коливання кузова, що сприймаються від нерівностей дорожнього полотна.

Розглянемо окремі випадки виникнення подібних коливань, коли обидва колеса однієї осі наїжджають на дорожню нерівність (рис.1). Після наїзду на подібну нерівність в системі виникають коливанняз власною частотою, яка залежить від жорсткості підвіски автомобіля і коефіцієнту демпфування, який залежить від швидкості згасання даних коливань.



© В.П. Сахно, Є.М. Місько

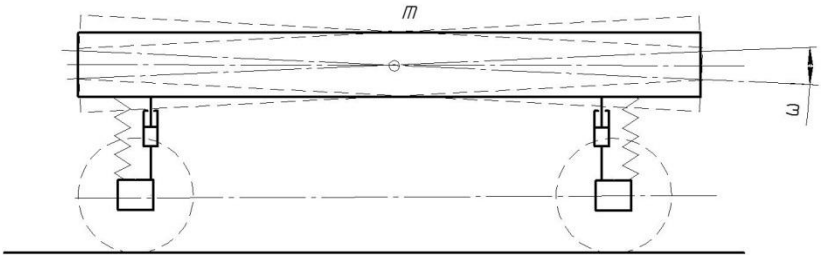


Рис. 1. – **Схема наїзду колесаКТЗ на нерівність (перешкоду) дорожнього полотна**

При цьому подібна система має двоступені вільності – обертання щодо центру мас автомобіля і переміщення у вертикальній площині самого центру мас, зміну яких можна розглядати як суперпозицію двох головних мод коливальної системи, кожна з яких при цьому має власну частоту і характеристику демпфування.

При розгляді даного випадку довільного руху КТЗ можливе визначення приведеного коефіцієнта жорсткості експериментальним шляхом. Для цього транспортний засіб встановлюється на горизонтальному майданчику. Фіксується первинне положення кузова щодо контрольної точки (для зручності береться точка безпосередньо над віссю, параметри якої ідентифікуватимуться), переміщення якої фіксуватиметься контрольно-вимірювальним устаткуванням. Значення початкових параметрів, що визначають конфігурацію системи $z_0 + a\varphi_0$(прогин підвіски): $z_0 = 0{,}05$ м; $\varphi_0 = 0{,}0083$ рад.

Розглянемо основні характеристики коливальної системи на прикладі рівняння коливань матеріальної точки (1).

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = 0 \tag{1}$$

де m – маса матеріальної точки;
k – коефіцієнт опору амортизатора;
c – коефіцієнт жорсткості підвіски;
x – переміщення матеріальної точки.

Рівняння (1) описує вертикальні коливання моделі екіпажа щодо статичного положення рівноваги.

Після приведення рівняння до канонічного вигляду отримаємо:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}\dot{x} + \frac{c}{m}x = 0 \tag{2}$$

де $\frac{k}{m} = a$ - відповідає параметру приведеного демпфування;

$\frac{c}{m} = b$ - відповідає параметру приведеної жорсткості.

Диференціальному рівнянню (2) відповідає наступне характеристичне рівняння:

$$\lambda^2 + 2a\lambda + b = 0. \tag{3}$$

Корені характеристичного рівняння (3) визначають вид рішення:

$$\lambda_{1,2} = -a \pm \sqrt{a^2 - b} \tag{4}$$

$$\lambda(t) = Ae^{-\alpha t}\sin(\omega t + \varphi)\,. \tag{5}$$

Період коливань може бути представлений приблизно у вигляді:

© В.П. Сахно, Є.М. Місько

$$T = \frac{2\pi}{b\sqrt{1-\frac{a^2}{b^2}}} \approx \frac{2\pi}{b}\left(1+\frac{1}{2}\left(\frac{a^2}{b^2}\right)\right). \quad (6)$$

При малому значенні демпфування $(\frac{a}{b} \ll 1)$ період затухаючих коливань мало відрізняється від періоду вільних коливань, тоді приведену жорсткість можна визначати по періоду коливань, спостережуваних в експерименті. Передбачається реалізація подібного підходу для випадку системи з двома ступенями вільності.

Перейдемо до аналізу періоду коливань спрощеної системи (без урахування дисипації). При цьому

$$A\begin{pmatrix}\ddot{z}\\ \ddot{\varphi}\end{pmatrix} = C\begin{pmatrix}z\\ \varphi\end{pmatrix}, \quad (7)$$

де *A* і *C* – постійні коефіцієнти.

Далі приведемо систему (7) до вигляду, відповідного головним координатам. Вирішимо систему щодо старших похідних, отримаємо систему:

$$\begin{pmatrix}\ddot{z}\\ \ddot{\varphi}\end{pmatrix} = A^{-1}C\begin{pmatrix}z\\ \varphi\end{pmatrix}. \quad (8)$$

Цю систему можна привести до спрощеного вигляду (12, 13), шляхом перетворення координат з матрицею H($\begin{pmatrix}z\\ \varphi\end{pmatrix} = H\begin{pmatrix}z_1\\ z_2\end{pmatrix}$), координати$z_1$, z_2 є нормальними координатами. Стовпці матриці H є власними векторами матриці, які відповідають власним значенням цієї матриці

$$H = \begin{pmatrix}V_{11} & V_{21}\\ V_{12} & V_{22}\end{pmatrix} \quad (9)$$

$$\ddot{z}_1 = -\omega_1^2 z_1 \quad (10)$$

$$\ddot{z}_2 = -\omega_2^2 z_2 \quad (11)$$

$$z_1 = c_1^1\cos(\omega_1 t) + c_2^1 sin(\omega_1 t) \quad (12)$$

$$z_2 = c_1^2\cos(\omega_2 t) + c_2^2\sin(\omega_2 t) \quad (13)$$

де c_i^i – константи, які визначаються початковими умовами при*t*=0.

$$z_{1(0)} = c_1^1; \quad (14)$$

$$z_{2(0)} = c_1^2, \quad (15)$$

які знаходяться з системи рівнянь (16).

$$\begin{cases} z_{(0)} = V_{11}\cdot z_{1(0)} + V_{21}\cdot z_{2(0)} \\ \varphi_{(0)} = V_{12}\cdot z_{1(0)} + V_{22}\cdot z_{2(0)} \end{cases} \quad (16)$$

Внаслідок того, що рішення для системи (12,13) має вигляд:

$$z_1 = c_1^1\cdot\cos(\omega_1 t); \quad (17)$$

© В.П. Сахно, Є.М. Місько

$$z_2 = c_1^2 \cdot \cos(\omega_2 t)\,, \tag{18}$$

nj вирішення початкової системи (8) має вигляд:

$$z = V_{11} \cdot c_1^1 \cdot \cos(\omega_1 t) + V_{21} \cdot c_1^2 \cdot \cos(\omega_2 t) \tag{19}$$

$$\varphi = V_{12} \cdot c_1^1 \cdot \cos(\omega_1 t) + V_{22} \cdot c_1^2 \cdot \cos(\omega_2 t) \tag{20}$$

Отримане в аналітичному вигляді рішення (19, 20) дає можливість за інформацією про усереднений період (отриманий в експерименті) ідентифікувати приведену жорсткість підвіски $z(t) + a\varphi(t)$. Перевірку викладень можливо здійснити шляхом зіставлення графіків інтегральних кривих відповідних прогину досліджуваної підвіски автомобіля та отриманих аналітично. Ці графіки практично співпадають між собою, рис. 2.

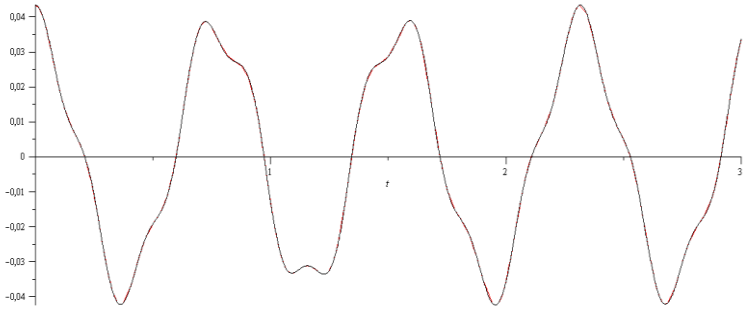


Рис. 2. – **Графіки коливань без урахування дисипації в підвісці**

Вважаючи, що аналітичне рішення відповідає усередненому періоду коливань в експерименті, з умови реалізації даного періоду чисельно знайдемо значення приведеної жорсткості підвіски. Проілюструємо отримання цього рішення графічно (рис. 3).

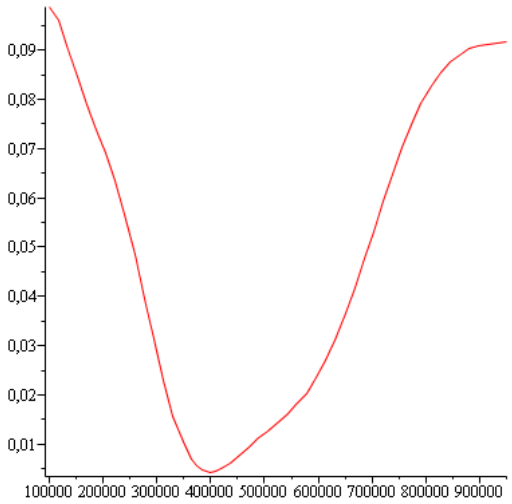


Рис. 3. – **Графік приведеної жорсткості підвіски**

Точка екстремуму, що реалізується на графіку (рис. 3), відповідає значенню приведеної жорсткості C_1=403000Н/м. Слід зазначити наявність деякої абсолютної похибки, яка не перевищує 0,005.

Висновки. Запропонований у статті метод дає можливість ідентифікувати параметр приведеної жорсткості підвіски колісного транспортного засобу на основі аналітичного рішення, що описує вертикальну динаміку двоступеневої моделі у поєднанні з експериментальним визначенням періоду коливання кузова.

Література

© В.П. Сахно, Є.М. Місько

1. Брох Е.Т. Измерения механических колебаний и ударов. Рига.: Наука и техника, 1973. - 308 с.
2. Ведемейер Е.А. Колебание автомобиля и двигателя. М.: Автотрансиздат, 1959. - 14 с.
3. Галашин В.А. и др. Амплитудно-частотные характеристики подвески малолитражных автомобилей// Труды МВТУ им. Н. Э. Баумана: Вопросы автомобилестроения, №204. М.: 1974. - С. 115-120.
4. Мисько Е.М. Исследование жесткостных характеристик подвески городского автобуса МАЗ-105//Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – №2-3. – 2014. – С.93-96.
5. Шифрин Б.М., Линейная модель колибаний подвески шасси пневмоколесной машины, Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин, випуск 41,2011. – С. 207-215.

Стаття надійшла в редакцію 23.04.2016

© В.П. Сахно, Є.М. Місько

УДК 629.076

В.Е. Селезньов
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ МАРШРУТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У М. ЛУЦЬК

За допомогою системи «МАК», яка призначена для забезпечення моніторингу та керування громадським транспортом було проведено дослідження руху транспортного засобу за міським маршрутом в Луцьку. Встановлено доцільність використання транспортних засобів з електричним приводом і рекуперації енергії для міського транспорту і необхідність прийняття ряду заходів щодо поліпшення режимів руху автобусів.
***Ключові слова**: транспортний засіб, шкідливі речовини, двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), гібридна силова установка(ГСУ), режим руху.*

В.Э. Селезнёв
Луцкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В Г. ЛУЦК

С помощью системы «МАК», которая предназначена для обеспечения мониторинга и управления общественным транспортом было проведено исследование движения транспортного средства по городскому маршруту в Луцке. Установлена целесообразность использования транспортных средств с электрическим приводом и рекуперации энергии для транспорта и принять ряд мер по улучшению режимов движения автобусов.
***Ключевые слова:** транспортное средство, вредные вещества, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), гибридная силовая установка (ГСУ), режим движения.*

V. Seleznov
Lutsk National Technical University

STUDY MODE TRAFFIC ROUTE VEHICLES C. LUTSK

With the help of "MAC", which is designed to provide monitoring and control of public transport was conducted traffic urban vehicle route in Lutsk. Established the feasibility of using vehicles with electric drive and energy recovery for urban transport and the adoption of certain measures to improve the modes of buses.
***Keywords**: vehicle, harmful substances, internal combustion engine (ICE), hybrid propulsion system (HPS), vehicle motion mode.*

Постановка проблеми. Останні роки характеризуються високими темпами зростання світового автомобільного парку, підвищується споживання нафти та обсяги викидів в навколишнє середовище шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Пріоритетним напрямком в розвитку автомобілів, є покращення паливо-економічних показників і зниження викидів шкідливих речовин. Шляхами вирішення цих проблем є: удосконалення конструкції ДВЗ, використання альтернативних палив (біопалива, природного газу та ін.), підвищення енергоефективності автомобілів. Особливо слід виділити такий напрям як: використання гібридних силових установок (ГСУ) на транспортних засобах. Дослідженням та виробництвом автомобілів з ГСУ займаються багато відомих виробників автомобілів. Такими фірмами, як Toyota, BMW, Audi, VW, Mercedes-Benz, Renault, Honda, вже тривалий час гібридні автомобілі запущені в серійне виробництво.

Результати досліджень. Аналізуючи транспортні потоки м. Луцьк було встановлено, що значну кількість учасників дорожнього руху складають маршрутні транспортні засоби, в тому числі автобуси. Робота двигуна внутрішнього згоряння автомобільного транспорту в так звані «години пік» в основному характеризується з однієї сторони режимами холостого ходу (зупинки, рух з вимкненим зчепленням і гальмування), а з іншої через невеликі відстані між зупинками мають місце малі навантаження і перехідні режими роботи двигуна (рушання з місця, набір та скидання швидкості). Також характерний режим роботи на мінімальних обертах обумовлений простоями на світлофорах, під'їздами до світлофорів і зупинок, дорожніми заторами,повільним пересуванням через ускладнення проїзду. У разі експлуатації пасажирського міського автотранспорту до перерахованого додаються зупинки для посадки і висадки пасажирів.

Це все призводить до зростання витрат палива і як наслідок зростання викидів шкідливих речовин, у тому числі канцерогенних, в атмосферу.

Одним із варіантів зменшення рівня шкідливих викидів відпрацьованих газів двигунів є перехід на альтернативні види палива, зокрема, застосування електричних та гібридних

© В.Е. Селезньов

автобусів [1,2]. Для досліджень вибрано один з найдовших маршрутів м. Луцьк – маршрут №23. Із кінцевої до кінцевої зупинки можна доїхати за 55 хвилин. Схема маршруту наведена на рис. 1. Протяжність маршруту – 20.65 км, середня швидкість руху – 19 км/год, транспортний засіб – автобус ЗАЗ А07А «I-Van». Дослідження умов руху автобуса за міським маршрутом проводились за допомогою Мультимедійного Автоматизованого Комплексу «МАК» - який призначений для забезпечення моніторингу та керування громадським транспортом.

На рис. 2 наведено режими руху автобуса на маршруті № 23 м. Луцьк. Під час досліджень визначено максимальну швидкість руху – 72 км/год, середня швидкість руху становить – 19,68 км/год.

Аналізуючи графік спостерігаємо, що під час руху практично відсутні усталені режими, натомість характерними є режими «розгін – гальмування» який транспортний засіб перебуває в русі, а час холостого ходу становить до 29 % загального часу. Тому необхідність у створенні автотранспортних засобів, що використають альтернативні енергоустановки, стає все більше актуальною.

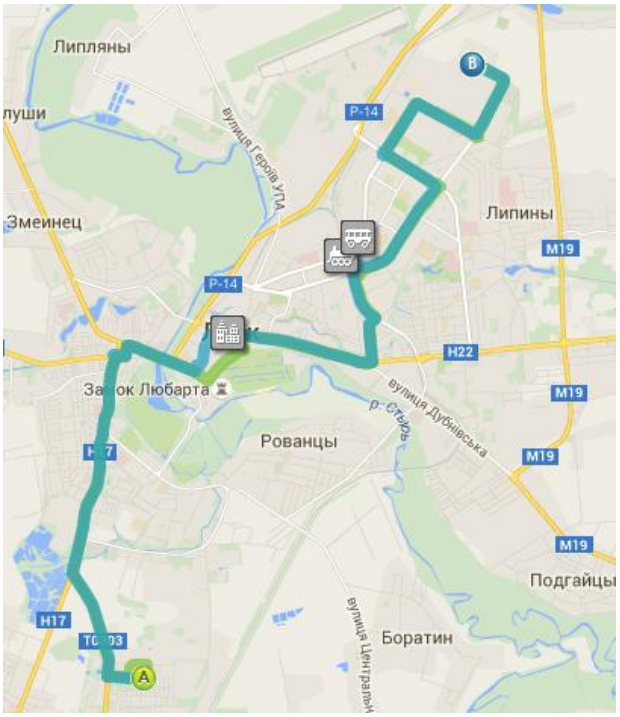


Рис. 1 **Схема руху маршруту №23 м. Луцьк**

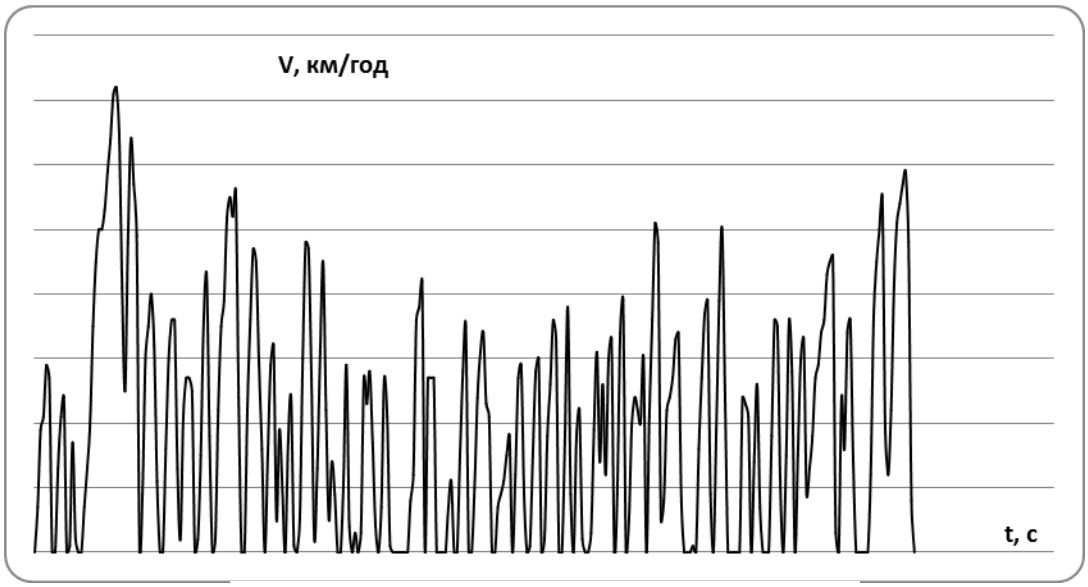


Рис. 2 **Режими руху автобуса на маршруті № 23**

© В.Е. Селезньов

ГСУ, що застосовуються на даний момент часу на автомобільному транспорті, можна розділити на чотири принципово різні схеми: послідовну, паралельну, Split і Strigear [3]. Міські автобуси з ГСУ можуть бути створені за двома варіантами використання ГСУ – послідовна схема та паралельна схема.

Застосування послідовної схеми (див. рис 3) дозволяє забезпечити роботу ДВЗ на тому режимі, що має мінімальні значення витрати палива й викидів шкідливих речовин, причому в ідеальному випадку, можна здійснити повністю стаціонарний режим роботи двигуна. Тяговий електропривід у даній схемі повинен забезпечувати весь діапазон зміни потужності, необхідної для даних умов руху.

У послідовній схемі кінематичні зв'язки між ДВЗ і ведучими колесами принципово виключаються. Оскільки при цьому ДВЗ не може передавати момент до ведучих коліс, то, мабуть, потужність, передана в буферний накопичувач, повинна бути не менше, ніж середня потужність, необхідна для руху АТЗ, а потужність й електромагнітний момент тягового електропривода повинні дорівнювати максимальній потужності й максимальному моменту рушіїв.

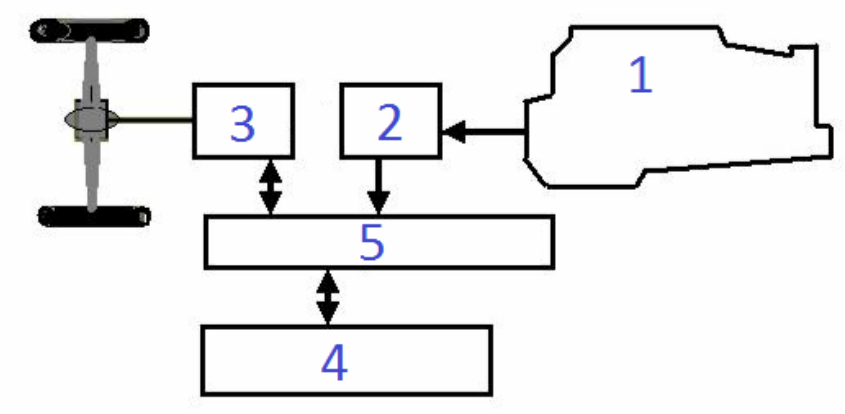


Рис. 3 **Послідовна схема:**

1 – ДВЗ; 2 – мотор генератор; 3 – тяговий електродвигун; 4 – акумуляторна батарея; 5 – блок керування.

Паралельна схема (див рис. 4) забезпечує передачу енергії на колеса як від ДВЗ, так і - паралельно - від електродвигуна. При цьому, накопичувач енергії працює так само, як в послідовній схемі. Електродвигун компенсує нерівномірності роботи ДВЗ і недоліки моменту, забезпечуючи плавність ходу і економію палива за рахунок енергії накопичувача, отриману при рекуперативному гальмуванні. При малих обертах можливо рух транспортного засобу тільки від електродвигуна, з включенням в роботу ДВЗ при наборі достатньої швидкості руху. Схема має відносно високий ККД і хороші малогабаритні показники, відносно недорога (застосовується електрообладнання тільки на частину повної потужності). Недоліком схеми є складність механічного узгодження роботи ДВЗ і електроприводу, обмеження в компонуванні, необхідність застосування пристроїв механічного узгодження (коробок передач спеціальної конструкції). Правда, від узгодження роботи ДВЗ і електроприводу можна відмовитись, забезпечивши передачу ними моменту на різні осі (колеса), однак, такий прийом не завжди прийнятний за умовами розміщення тягового обладнання та балансу мас транспортного засобу. Також істотним недоліком схеми є нестабільність роботи ДВЗ, відповідно погіршення показників викидів в порівнянні з послідовною схемою.

Із сказаного вище випливає необхідність створення автомобілів, які б за параметрами екологічної безпеки і паливної економічності при порівняно невисокій вартості могли б створити гідну конкуренцію автомобілям з традиційними двигунами. Вирішенням цієї проблеми може бути створення автомобіля з гібридною силовою установкою, де поряд із традиційним двигуном використовується тяговий електродвигун. Це дозволяє вирішити ряд проблем:

- зниження витрати палива;
- зниження викиду шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Причому з’являється можливість руху тільки за рахунок тягового електродвигуна у місцях, де це необхідно, що виключає можливість шкідливих викидів;
- зниження шумів, що виробляються автомобілем;
- використання енергії автомобіля при гальмуванні і русі накатом.

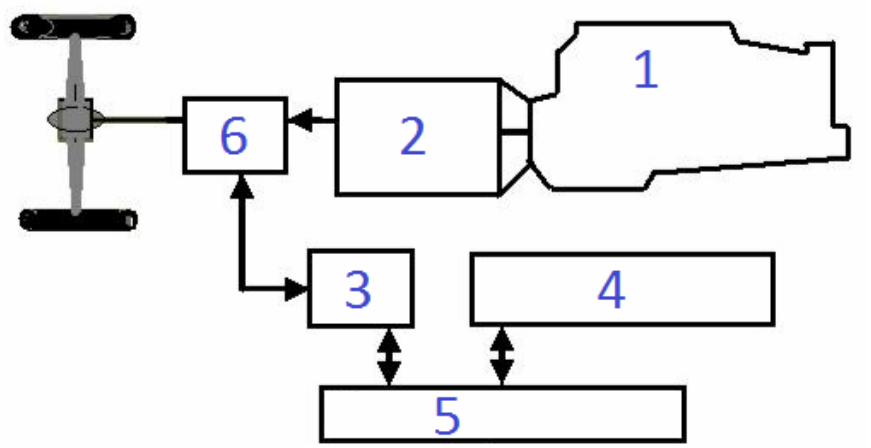


Рис.4 – **Паралельна схема:**
1 – ДВЗ; 2 – коробка передач; 3 – тяговий електродвигун; 4 – акумуляторна батарея; 5 – блок керування; 6 – планетарний механізм розподілу потоку потужності.

Висновки. Основними шляхами вирішення задач є розробка та впровадження автомобілів з ГСУ, електромобілів та використання альтернативних палив. Для того щоб зробити правильний вибір, кожний з напрямків доцільно порівняти як мінімум за двома характеристиками – екологічної безпеки й економічної ефективності.

Література

1. У Лондоні випробують повністю електричний двоповерховий автобус [Електронний ресурс] / 2015. – Режим доступу: http://gazeta.ua/articles/science/_u-londoni-viprobuyut-povnistyu-elektrichnij-dvopoverhovij-avtobus/635463. Дата звернення: 27.08.2015 р.

2. Електричні автобуси з безпровідною зарядкою зі штату Юта [Електронний ресурс] / 2015. – Режим доступу: http://www.climateinfo.org.ua/content/elektrichni-avtobusi-z-bezprovidnoyu-zaryadkoyu-zi-shtatu-yuta. Дата звернення: 27.08.2015 р.

3. Федцов В.В., Автобус с гибридной силовой установкой [Издательство «Грамота»] – 2009, с.126

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2016

© В.Е. Селезньов

УДК 629.113

О.П. Сітовський, П.В. Мазилюк
Луцький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ НА ВИМОГУ СИГНАЛІВ СВІТЛОФОРА

В статті розглянуто процес гальмування КТЗ перед світлофором. З урахуванням результатів експериментальних досліджень розроблені математичні залежності, які дозволяють прогнозувати режим переїзду КТЗ регульованої ділянки дороги або іншої перешкоди, час появи чи зникнення якої може бути прогнозовано.

***Ключові слова**: службове гальмування, сповільнення, гальмівний шлях, час гальмування*

О.Ф. Ситовский, П.В. Мазылюк
Луцкий национальный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ПО ТРЕБОВАНИЮ СИГНАЛОВ СВЕТОФОРА

В статье рассмотрен процесс торможения КТС перед светофором. С учетом результатов экспериментальных исследований разработаны математические зависимости, позволяющие прогнозировать режим переезда КТС регулируемого участка дороги или другого препятствия, время появления или исчезновения которой может быть прогнозируемо.

***Ключевые слова:** служебное торможение, замедление, тормозной путь, время торможения*.

O. Sitovsky, P. Mazylyuk.
Lutsk National Technical University

MATHEMATICAL MODELING OF THE BRAKING PROCESSON DEMAND THE TRAFFIC LIGHT OF SIGNALS.

The article describes the process of deceleration of the wheeled transport vehicle before the traffic lights. Based on the results of experimental studies developed mathematical relationships that predict the move mode wheeled transport vehicle controlled section of the road or other obstacles, while the appearance or disappearance of which can be predicted.

***Keywords:** service braking, slowing, stopping distance, braking time.*

Постановка проблеми. Рух транспортних засобів через прогнозовані перешкоди можна більш раціонально виконувати, але для цього потрібно виконати математичне моделювання процесу гальмування. Розглянувши реальні дії водіїв під час проїзду світлофорів, можливо удосконалити систему проїзду світлофорів з мінімальною втратою потужності КТЗ, зменшити витрату палива і викидів шкідливих речовин.

Під час спостережень за діями водіїв було встановлено, що абсолютна більшість з них, під'їзжаючи до світлофора або іншої передбачуваної перешкоди, виконують наступні дії. Вимикають передачу, переводячи транспортний засіб в рух накатом; безпосередньо перед перешкодою з урахуванням власного досвіду та стилю керування КТЗ застосовують режим службового гальмування для зменшення швидкості і повної зупинки транспортного засобу.

Даний спосіб гальмування і зупинки описаний в [1] і виконується з невеликою інтенсивністю, що не доставляє дискомфорту у водія і пасажирів аж до самої зупинки транспортного засобу.

Експериментальні дослідження процесу руху автомобіля накатом і процесу гальмування проводились за допомогою приладу MultitronicsVG1031GPL [2] та V-BoxPB03. Результати випробувань представлені на рис.1.

Таким чином при русі зі швидкістю $V_п$ зупинка перед світлофором відбувається у два етапи.

На першому етапі КТЗ рухається накатом. За даними досліджень видно, що за час руху накатом перед зупинкою на заборонений сигнал світлофора швидкість змінюється несуттєво. З урахуванням того що рух накатом триває лічені секунди, можна прийняти що $V_н \approx const$. Також можна припустити, що службове гальмування починається зі швидкості $V_н \approx V_п$.

© О.П. Сітовський, П.В. Мазилюк

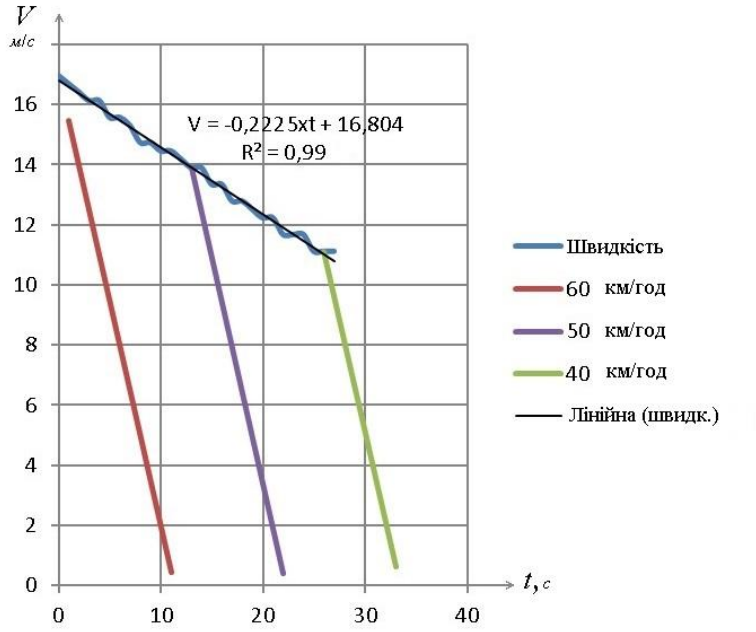


Рис.1. – **Процес зупинки КТЗ перед світлофором**

Другий етап починається, коли водій починає службове гальмуванням безпосередньо перед перешкодою, і закінчується, коли КТЗ зупиняється перед світлофором. Для кращого розуміння, процес зупинки зображено на рис.2.

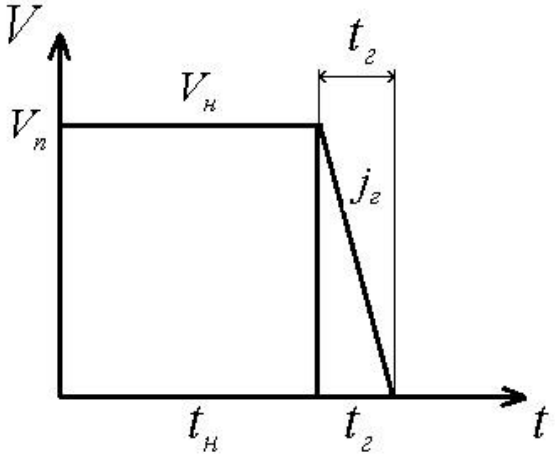


Рис.2. – **Рух КТЗ перед світлофором**

Виходячи з цього можна записати, що:

$$S_{зуп} = S_н + S_г; \quad (1)$$

$$t_{зуп} = t_н + t_г, \quad (2)$$

де $S_н, S_г$ - шлях накату та шлях службового гальмування;

$t_н, t_г$ - час руху накатом та час службового гальмування.

Як правило службове гальмування відбувається зі сповільненням $j_г = 1.5 \div 2.5\ м/с^2$.

Час та шлях службового гальмування дорівнює:

$$t_г = \frac{V_п}{j_г} \approx \frac{V_п}{j_г}; \quad (3)$$

$$S_г = \frac{j_г \cdot t_г^2}{2} \text{ або } S_г = \frac{V_п^2}{2 \cdot j_г}. \quad (4)$$

© О.П. Сітовський, П.В. Мазилюк

З урахуванням (1) шлях та час руху накатом КТЗ дорівнює:

$$S_н = S_{зуп} - S_г; \tag{5}$$

$$t_н = \frac{S_н}{V_н}. \tag{6}$$

Після перетворень отримаємо:

$$t_н = \frac{S_{зуп}}{V_п} - \frac{V_п}{2 \cdot j_г}. \tag{7}$$

Шлях руху КТЗ накатом перед службовим гальмуванням дорівнює:

$$S_н = V_п \cdot t_н. \tag{8}$$

З урахуванням викладеного матеріалу можна визначити розрахункові час та шлях зупинки КТЗ перед світлофором.

$$t'_{зуп} = t'_н + t'_г; \tag{9}$$

$$S'_{зуп} = S'_н + S'_г. \tag{10}$$

Коли відомі час, через який буде ввімкнутий сигнал на дозвіл руху КТЗ ($t_{дозв}$) та відстань до самого світлофору (S), можна проаналізувати дорожню ситуацію з урахуванням (9), (10) та встановити наступне. Якщо $t'_{зуп} < t_{дозв}$, то водій гальмує і буде вимушений зупинитись перед світлофором. Якщо $t'_{зуп} > t_{дозв}$ та $S'_{зуп} < S$, то водійКТЗ може проїхати світлофор на зелене світло, яке загориться після червоного, без зупинки.

Висновки. В процесі розробки математичної моделі гальмування КТЗ перед світлофором з урахуванням експериментального дослідження були встановлені математичні залежності часу і шляху зупинки, що надає змогу прогнозувати дорожню обстановку під час проїзду світлофорів або інших прогнозованих перешкод.

Література

1. Бондаренко А.І. Дослідження процесу гальмування транспортних засобів з гідравлічним гальмівним приводом / А. І. Бондаренко, Карім Ассаф // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 31 (1004). – С. 28–34.

2. Сітовський О.П. Застосування бортового комп'ютера Multitronics VG1031GPL для дослідження експлуатаційних властивостей автомобіля.-// Автомобильный транспорт: Сборник научных трудов, Выпуск 29, Харьков, ХНАДУ – 2011.– с. 173– 175.

3. Сітовський О.П. Подолання прогнозованих перешкод транспортними засобами /Сітовський О.П., Мазилюк П.В. // Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 10 (1119). – С.102-106.

Стаття надійшла до редакції 04.05.2016

© О.П. Сітовський, П.В. Мазилюк

УДК 662.93

М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський
Луцький Національний Технічний Університет
Національна академія наук України

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ В ІНФРАСТРУКТУРІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ПІРОЛІЗНИХ СПАЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЯК ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ СМІТТЯ ТА ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Представлено результати попередніх експериментальних досліджень робочої моделі піролізного спалюючого пристрою як локального джерела теплової енергії і засобу утилізації сміття та відходів. Даний етап досліджень переслідував мету визначення характеру розподілу температурного поля корпусу спалюючого пристрою та принципової можливості застосування в якості палива ТПВ. Аналіз результатів досліджень підтвердив покращення параметрів паливної економічності та екологічності спалюючого пристрою даного типу порівняно з класичними.

Ключові слова: *підігрів, виробничі приміщення, двигун, автотранспортне підприємство, інфраструктура автомобільного транспорту, супутні ланки інфраструктури автомобільного транспорту, придорожні кафе, підприємства громадського харчування, побутові відходи, технологічні відходи, економія палива, екологічність, піролізне спалювання.*

М.М. Скалига , М.В. Рудинець , В.И. Бодак , В.С. Вербовський
Луцкий национальный технический университет
Национальная академия наук Украины

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПИРОЛИЗНЫХ СЖИГАЮЩИХ УСТРОЙСТВ КАК СРЕДСТВ УТИЛИЗАЦИИ МУСОРНЫХ ОТХОДОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЕНЕРГИИ

Представлены результаты предварительных экспериментальных исследований рабочей модели пиролизного сжигающего устройства как локального источника тепловой энергии и средства утилизации мусорных отходов. Данный этап исследований преследовал цель определения характера распределения поля температур корпуса сжигающего устройства и принципиальной возможности использования в качестве топлива ТБО. Анализ результатов исследований подтвердил улучшение параметров топливной экономичности и экологичности сжигающего устройства по сравнению с классическими.

Ключевые слова: *подогрев, производственные помещения, двигатель, автотранспортное предприятие, инфраструктура автомобильного транспорта, сопутствующие звенья инфраструктуры автомобильного транспорта, придорожные кафе, предприятия общественного питания, бытовые отходы, технологические отходы, экономия топлива, экологичность, пиролизное сжигание.*

M.M. Skalyha, M.V. Rudynets V.I. Bodak , V.S. Verbovskyy
Lutsk National Technical University
The National Academy of Sciences of Ukraine

TO THE QUESTION ON THE USING INTO THE ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE LOCAL PYROLYSIS BURNING DEVICES LIKE AS THE WASTE DISPOSAL AND THE ADDITIONAL ENERGY SOURCE MEANS

This article contents the results of the preliminary experimental researches of the pyrolytic burning working model device as a local heat source and waste disposal device. This phase of research pursued the goal of determining the nature of the distribution of temperature field shell burning device and fundamental possibilities of solid waste as a fuel. To register the operating parameters of the pyrolytic incineration device we used monitoring system of external and indirect indicators. The research results analysis confirmed the improvement in fuel efficiency and environmental friendly parameters of this burning device type in comparison with the classical burning devices. It was also found that the authors design burning device and its operating model makes it possible to obtain thermal energy for a longer period without relatively current refueling.The model of presented pyrolyitic burning device advantages to analogues of classical burning devices charts by the ratio of basic indicators (structural and technological simplicity, size efficiency, low toxicity of exhaust gases accountability of personnel, etc.) therefore it is appropriate to use them in projects of transport infrastructure services as a device of waste management and an additional source of heat.

Keywords: *heating, industrial premises, engine, motor company, road transport infrastructure, road transport infrastructure associated links, roadsides café, catering service points, household waste, technological waste, fuel economy, environmental friendliness, pyrolytic burning*.

Постановка проблеми. На сьогоднішній момент часу в системах охолодження автомобільних двигунів в якості охолоджуючої рідини широко застосовуються різноманітні

© М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський

антифризи і ТОСОЛи. Це продиктовано цілою низкою експлуатаційних факторів, головним з яких, у контексті даного дослідження, є властивість вказаних рідин запобігати руйнуванню двигуна при замерзанні. В той же час таким охолоджуючим рідинам притаманний один досить суттєвий недолік на відмінку від підготовленої води – значно вища вартість. Крім того, пуск холодного двигуна тягне за собою низку негативних моментів, пов'язаних не лише із зростанням витрати палива та токсичності відпрацьованих газів (ВГ), а й з підвищеним зношуванням основних вузлів двигуна внаслідок недостатнього змащування.

Ці та інші причини спонукають власників автомобілів обладнувати місця парковки різноманітними системами підігріву двигуна, здатними підтримувати відповідний тепловий режим. І якщо для одиничних автомобілів характерним є застосування різного роду систем електропідігріву, при чому, за звичай, передстартового, то для автотранспортних підприємств (АТП) – повітряного, водо- та паро підігріву, що функціонують протягом всього часу парковки. Частковим випадком є застосування так званих автомобілів-термосів, що здійснюють заправку систем охолодження запаркованих автомобілів гарячою робочою рідиною [1] .

Крім того, в холодну пору року виникають проблеми з обладнанням виробничих приміщень (місць закритого зберігання автомобілів, спеціалізованих майстерень, ремонтних зон та ін..) джерелами теплової енергії під час їх використання для опалювання та підтримання постійної температури у цих приміщеннях.

Аналіз вищевказаного показує, що на автомобільному транспорті широко застосовуються різноманітні системи підігріву та прогріву двигунів автомобілів підчас парковки, що дозволяють тою чи іншою мірою вирішити економічні та екологічні питання. Однак, всім цим системам притаманний спільний суттєвий недолік -- повна залежність від зовнішніх (штатних) джерел енергопостачання.

В свою чергу, підприємства інфраструктури автомобільного транспорту, АТП, СТО та інші, є джерелом накопичення відходів та сміття різноманітних видів: сезонного, від прибирання території зон озеленення, твердих побутових відходів (ТПВ), технологічних відходів, що вилучаються під час сухого прибирання у складі комплексу прибирально-мийних робіт (ПМР). Такі види технологічних відходів є причиною значних і постійних витрат на утилізацію за межами підприємств.

Майже ті самі проблеми стосуються і підприємств, що є супутніми ланками інфраструктури автомобільного транспорту: придорожні кафе, підприємства громадського харчування, кемпінги тощо.

На АТП чи СТО для вивезення вищезгаданих відходів та сміття можуть бути задіяні транспортні засоби, що входять до структури самих підприємств: основний рухомий склад(наприклад, спеціалізованих комунальних АТП (КАТП)); гаражна служба, відділ головного механіка тощо. Це дає можливість частково зменшити вартість відповідних транспортно-евакуаційних робіт. Значно складнішим є вирішення даного питання на вищезазначених типах підприємств супутньої ланки інфраструктури автомобільного транспорту. Такі підприємства, за звичай, мають кілька одиниць рухомого складу, призначених для перевезення виключно або пасажирів, або харчових продуктів. В результаті, приходиться звертатись до послуг спеціалізованих перевізників. Останні ж, в свою чергу, намагаються оптимізувати маршрути та розклад руху наявних транспортних засобів, що призводить до небезпеки виникнення локальних смітників.

В той же час, вищезгадані технологічні відходи та сміття мають значний тепловий енергетичний потенціал. За відповідних підходів цей потенціал може бути вилучений і спрямований, наприклад, для використання в системах підігріву/прогріву двигунів автомобілів або/та в технологічно-побутових цілях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Як показує аналіз останніх досліджень та публікацій, в якості додаткових, або допоміжних джерел теплової енергії, що можуть застосовуватись і в системах прогріву/підігріву двигунів автомобілів, і для опалювання приміщень, і для побутово-технологічного вжитку широко використовуються різноманітні спалюючі пристрої. До таких пристроїв відносяться печі класичної прямоточної схеми горіння, в тому числі ракетні (Rocketstove) і піролізні [2]. Однак, особливості конструкції та характеру протікання робочих процесів вищезгаданих спалюючих пристроїв не дозволяють досягти можливості утилізувати сезонне сміття, технологічні відходи та ТПВ відповідно до чинних норм екологічності. В той же час, проведений авторами аналіз показав, що

© М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський

на даний момент часу не існує промислових зразків спалюючих пристроїв, здатних утилізовувати ТПВ та відповідати одночасно всім, вище перерахованим функціональним вимогам.

Мета роботи.

Метою роботи є розробка та створення конструктивно- і технологічно простого високоефективного мобільного піролізного спалюючого пристрою, що може використовуватись в інфраструктурі автомобільного транспорту як засіб утилізації сміття і додаткове джерело теплової енергії та відповідає існуючим чинним екологічним нормам.

Матеріали і результати досліджень.

З метою вирішення поставлених задач авторами розроблено варіант переносної (автономної) установки (печі) піролізного спалювання. На підставі прийнятої концепції принципів роботи та проведених розрахунків була спроектована і створена робоча модель дослідної установки, робочим об'ємом корпусу-бункера 40 л, що задовольняла б сформульованим вимогам ефективності роботи та простоти конструкції.

На рис.1 подано принципову схему установки із вказанням її основних елементів. В загальному випадку установка працює наступним чином. Підготоване паливо (тирса, опале листя тощо) завантажується в робочу зону корпусу-бункера (1). Верхній ковпак (3) та відбивний диск (5) при цьому зняті. Відкривається повітряна заслінка (8) і здійснюється розпалювання верхнього шару палива. Після досягнення належного ступеня розпалювання встановлюються відбивний диск (5) та верхній ковпак (3), випускний патрубок (4) котрого під'єднується до мережі місцевої витяжки.

Повітря, необхідне для здійснення процесів спалювання палива, надходить крізь впускний патрубок (7) та повітропровід (2). Повітропровід (2) набраний з труб (10), що зібрані у пакет і з'єднані між собою із зазором. Діаметри труб (10) та величина зазору між ними підібрані таким чином, щоб забезпечити самовільне розділення підвідного повітря на первинне і вторинне. Первинне повітря надходить у зону горіння крізь зазори між трубами (10) і, внаслідок недостатньої його кількості, спричинює лише піролізний реформінг палива з утворенням генераторного газу. Останній піднімається у верхню частину корпусу-бункера (1) під відбивний диск (5). Туди ж, внутрішніми каналами труб (10) потрапляє вторинне повітря, здійснюючи процес остаточного допалювання генераторного газу. Продукти згоряння проходять крізь зазор між стінками корпусу-бункера (1) і відбивним диском (5) у внутрішню порожнину верхнього ковпака (3) і далі, крізь випускний патрубок (4), викидаються назовні. Після повного вигоряння паливного заряду попіл видаляється з корпусу-бункера (1) крізь знятий нижній ковпак (7).Інтенсивність та тривалість роботи установки регулюється положенням повітряної заслінки (8). Вісь (9) повітряної заслінки виконано порожнистою длязабезпечення надходження у зону горіння мінімально необхідної кількості повітря за повністю закритої повітряної заслінки.

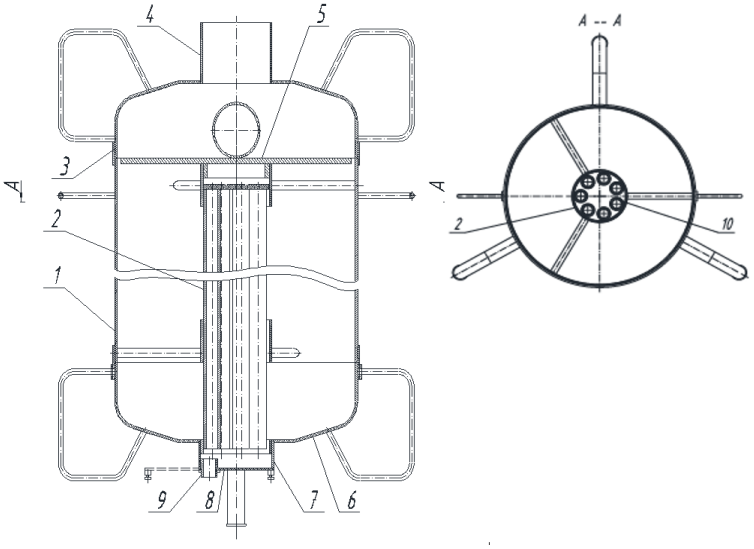


Рис. 1. – **Принципова схема установки:**
1 – корпус-бункер;2 – повітропровід; 3 – верхній ковпак; 4 –випускний патрубок; 5 – відбивний диск;6 – нижній ковпак; 7 – впускний патрубок; 8 – повітряна заслінка; 9 – вісь повітряної заслінки; 10 – труби повітропроводу.

© М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський

Перші етапи досліджень переслідували мету оцінки роботоздатності печі при застосуванні в якості палива деревної тирси різних фракцій [2] та сезонного сміття у вигляді опалого листя [3]. Аналіз отриманих результатів дозволив зробити узагальнюючий висновок про відповідність характеру роботи печі до прогнозованого та підтвердити її переваги перед класичними спалюючими пристроями-аналогами. Тому наступним етапом досліджень передбачалося виявити характер розподілу поля температур зовнішніх стінок корпусу і принципову можливість спалювання ТПВ.

Аналіз характеру розподілу поля температур (таблиця 1) показав його відповідність напрямку розповсюдження факелу полум'я (з верху -- вниз) по висоті робочої порожнини корпусу-бункера (1), згідно прогнозованого. При цьому відмічено різке наростання піку у верхній частині печі в зоні «основа випускного патрубка (4) - верхній ковпак (3) – відбивний диск (5)» протягом перших п'яти хвилин з моменту розпалювання. У подальшому, величини температур досягали своїх максимумів при відносно плавних наростанні пікових значень, наступному їх вирівнюванні та падінні, залежно від конкретного відрізку тривалості процесу горіння і калорійності палива.

Таблиця 1.

Характер розподілу поля температур

№ точки та температура, ^{0}C	Час з моменту розпалювання						
	5хв	10хв	30хв	60хв	80хв	150хв	180хв
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***
1	112	229	238	108	226	142	90
2	111	236	226	108	229	113	90
3	110	256	226	108	220	148	90
4	119	320	236	118	262	159	94
5	124	250	235	136	281	184	102
6	98	219	226	270	338	209	121
7	15	34	145	350	390	222	142
8	11	13	45	325	450	234	150
9	10	11	36	312	438	249	161
10	10	10	17	300	425	253	165

Для дослідження принципової можливості спалювання ТПВ було підготовано паливний заряд, що представляв собою суміш сміттєвих залишків, властивих закладам громадського харчування на кшталт кафе: паперові та пластикові стаканчики; пакети з-під соків; пакети з-під кондитерськоїздоби; дерев'яні та пластикові мішалки; пакетики із використаним чаєм; дрібні поліетиленові пакети та пляшечки; серветки тощо. Маса контрольного заряду складала 3 кг, а середня приведена вологість – 35-45%. Паливний заряд завантажувався без попередньої підготовки, не подрібненим та не сортованим.

Процес спалювання продемонстрував наступне:

1.Піч вийшла в режим інтенсивного усталеного горіння протягом 1,5-2 хв. з моменту розпалювання (встановлення верхнього ковпака).

2. Загальний час активного вигоряння паливного заряду за повністю відкритої повітряної заслінки – 140-150 хв.

3. Стінки випускного патрубка та верхнього ковпака досягли температури 110-120^{0}C протягом 5 хв. з моменту розпалювання.

4. Середня питома розрахункова тепловіддача для даних умов експерименту та палива – 3-3,5 кВт/год.

5. Середній рівень димності не перевищував 20%.

6. Загальна маса та об'єм попелу – 0,4кг і 0,7л відповідно.

Слід, однак, зазначити і низку негативних моментів, що потребують необхідності усунення, або ж, принаймні, зменшення їх проявів. Так, зокрема, запропонований спалюючий пристрій (піч) виявився дуже вибагливим до температури та швидкості вхідного повітря. В деяких випадках, поєднання низької температури та високої швидкості вхідного повітря призводило до видимого погіршення повноти вигоряння палива. Даний недолік схилив авторів до думки про доцільність

© М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський

застосування у подальшому протиточної схеми газообміну, конструктивне втілення якої вирішується.

Висновки.

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що найбільш доцільним для застосування в інфраструктурі автомобільного транспорту як засобів утилізації сміття та додаткових джерел енергії є використання піролізних спалюючих пристроїв, котрим притаманна наявність ефекту швидкісного, локального саморегульованого згоряння.

Піролізні спалюючі пристрої даного типу переважають близькі аналоги спалюючих пристроїв класичних схем за співвідношенням основних показників (конструктивна та технологічна простота, величина ККД, низька токсичність відпрацьованих газів, контрольованість персоналом тощо). Це, на думку авторів, дасть можливість економити штатні енергетичні ресурси під час їх застосування для підігріву/прогріву двигунів запаркованих автомобілів та технологічно-побутових цілей.

Також було встановлено, що розроблена авторами конструкція спалюючого пристрою та її робоча модель дає можливість отримувати теплову енергію протягом тривалішого періоду без дозаправки відносно існуючих.

Література

1. Техническая эксплуатация автомобиля: Учебник для ВУЗов/ Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др. - М.: Транспорт, 1991

2. Скалыга Н. Н., Рудинец Н. В. К вопросу использования на железнодорожном транспорте пироллизных сжигающих устройств, как автономных источников тепловой энергии. // Збірник наукових праць ДонІЗТ. Випуск № 39, Донецьк – 2014. – С. 67-71

3. Скалыга Н. Н., Рудинец Н. В. К вопросу использования на автомобильном транспорте пироллизных сжигающих устройств, как средств утилизации мусорных отходов и дополнительных источников тепловой энергии. // Збірник наукових праць ДонІЗТ. Випуск № 4, Донецьк – 2014. – С. 43-47

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2016

© М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський

УДК 629.113

Є.В. Смирнов
Вінницький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Обґрунтовано використання коефіцієнта технічної готовності, терміну окупності та чистої теперішньої вартості в якості критеріїв ефективності та побудована цільова функція оптимізації. Запропоновано метод визначення оптимальної стратегії технічного розвитку на основі «методу найгіршого випадку» та визначено вагу запропонованих критеріїв.

Ключові слова: *технічний розвиток, стратегія, автотранспортне підприємство, критерій ефективності, оптимізація, нечітка множина.*

Е.В. Смирнов
Винницкий национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИ ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Обосновано использование коэффициента технической готовности, срока окупаемости и чистой текущей стоимости в качестве критериев эффективности и построена целевая функция оптимизации. Предложен метод определения оптимальной стратегии технического развития на основе «метода наихудшего случая» и определены веса предложенных критериев.

Ключевые слова: *техническое развитие, стратегия, автотранспортное предприятие, критерий эффективности, оптимизация, нечеткое множество.*

E. Smyrnov
Vinnytsia National Technical University

THE DEFINITION OF THE OPTIMAL STRATEGY FOR TECHNICAL DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES

Justified the use of the coefficient of technical readiness, term of payback and net present value as the criteria for the effectiveness and built the task force function optimization. The method for determining the optimal strategy for technical development on the basis of "the method of the worst case" and defined the weight of the proposed criteria.

Keywords: *Tehnicheskoe Development, Strategy, Avtotransportnoe predpriyatie, criterion of the effectiveness, optimization, nechetkoe multitude.*

Постановка проблеми. Ефективність роботи автотранспортних підприємств (АТП) і організації, які займаються автомобільними перевезеннями, як вантажними, так і пасажирськими, на сьогоднішній день, здебільшого є незадовільною. Це, в першу чергу, пов'язано зі значним фізичним зносом та моральним старінням основних виробничих фондів АТП, а особливо рухомого складу, адже ефективність роботи автомобільного транспорту визначається якістю рухомого складу, яку можна визначити ступенем придатності рухомого складу до виконання транспортної роботи (експлуатаційні властивості) та його надійністю. Застарілий рухомий склад суттєво поступається своїм більш новим та сучасними аналогами як в надійності, так і за експлуатаційними показниками, та, відповідно, не в змозі забезпечити техніко-експлуатаційні показники своєї роботи на аналогічному рівні. Це в свою чергу знижує конкурентоздатність підприємства на ринку транспортних послуг, визиває незадоволення клієнтів як вартістю послуг, так і якістю їх надання.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є технічний розвиток, який передбачає оновлення основних виробничих фондів підприємства, а саме, їх активної та пасивної частин з урахуванням всіх взаємозв'язків, що мають місце між цими підсистемами [1, 2]. Технічний розвиток потребує стратегічного планування діяльності підприємства, реалізація якого, зазвичай, передбачає залучення додаткових інвестицій, а результат від якого досягається через певний проміжок часу, як правило – декілька років. Тому визначення ефективної (оптимальної) стратегії технічного розвитку АТП дозволить сформувати оптимальні заходи з розвитку рухомого складу підприємства та виробничо-технічної бази з технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобілів, що дозволить забезпечити оптимальний рівень технічної готовності рухомого складу в умовах обмеженості ресурсів і забезпечення прибутковості підприємства.

© Є.В. Смирнов

Процес прийняття рішення щодо стратегій технічного розвитку АТП та початку їх реалізації є досить складним, адже він вимагає розробки ефективного алгоритму та економіко-математичної моделі функціонування підприємства при їх реалізації. Це, в свою чергу, ставить задачу по обґрунтуванню критеріїв ефективності, які будуть включати як показники, що оцінюють підвищення технічного рівня підприємства, так і його прибутковості. Таким чином, визначення оптимальної стратегії є багатокритеріальна задача оптимізації на основі техніко-економічних показників ефективності роботи підприємства.

У зв'язку з цим **метою роботи** є обґрунтування системи критеріїв, побудова цільової функції та розробка методу визначення оптимальної стратегії технічного розвитку АТП.

Основна частина. Проблема оцінки технічного використання рухомого складу АТП досить глибоко пророблена в науковій літературі. Однак більшість наукових робіт, присвячених проблемі оцінки економічної ефективності роботи АТП, на сьогоднішній день є неактуальними, оскільки вони засновані на засадах планово-адміністративної економіки і не можуть бути застосованими за ринкових умов.

Серед техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу, які в найбільшій мірі визначають найважливіші аспекти надійності рухомого складу та якості робіт з ТО і ремонту автомобілів, найбільш доцільно використовувати коефіцієнт технічної готовності парку автомобілів:

$$\alpha_T = \frac{АД_{роб}}{АД_{роб} + АД_р}, \tag{1}$$

де $АД_{роб}$ – кількість автомобіледнів роботи рухомого складу на лінії; $АД_р$ – кількість автомобіледнів перебування автомобілів в ТО, ремонті, або очікуванні ТО чи ремонту.

Слід врахувати, що підвищення коефіцієнта технічної готовності, яке може бути забезпечене різними шляхами: підвищенням середнього напрацювання автомобілів на відмову (заміна рухомого складу), зниженням простою в ТО і ремонті (вдосконалення виробничо-технічної бази підприємства, технологій ТО і ремонту тощо), або будь-якою їх комбінацією, що визначається стратегією технічного розвитку, пов'язане із додатковими витратами. Величина цих витрат може бути достатньо високою, що робить недоцільним забезпечення занадто високого значення коефіцієнта технічної готовності, тобто більшого за деяке оптимальне значення.

Для оцінки ефективності інвестиційних проектів, в тому числі і на транспорті, в світовій практиці широке розповсюдження здобули методи окупності, віддачі на вкладений капітал та дисконтування грошових потоків. Дані методи оцінки були детально розглянуті в роботах [3, 4] і, на погляд автора, для визначення оптимальної стратегії технічного розвитку найбільш доцільно використовувати метод окупності та метод чистої теперішньої вартості, який серед методів дисконтування найбільш повно відповідає поставленій задачі дослідження.

Метод окупності передбачає визначення часового періоду (терміну окупності), тобто періоду, в кінці якого сума притоку грошей від реалізації стратегії стає рівною сумі початкових інвестицій:

$$T_{ОК} = \frac{ПІ}{\sum_t ГП_t / T} < T_{Реаліз}, \tag{2}$$

де $ПІ$ – початкові інвестиції, грн.; $ГП_t$ – грошові потоки від реалізації стратегії в t-му періоді, грн.; T – термін реалізації, років; $T_{Реаліз}$ – плановий термін реалізації стратегії, років.

Метод чистої теперішньої вартості передбачає визначення показника, який відображає на скільки сумарний ефект від реалізації стратегії, приведений до теперішнього (початкового) моменту часу (теперішня вартість майбутніх грошових потоків), перевищує величину інвестицій, також приведених до цього моменту часу. Якщо припустити, що інвестиції залучаються лише в початковий момент, то чиста теперішня вартість ($ЧТВ$) запишеться таким чином:

$$ЧТВ = ТВ - ПІ = \sum_{t=1}^{T} \frac{ГП_t}{(1+r)^t} - ПІ, \tag{3}$$

© Є.В. Смирнов

де *ТВ* – теперішня вартість майбутніх грошових потоків; *r* – ставка дисконту за термін реалізації стратегії.

Якщо величина *ЧТВ*> 0, то стратегія забезпечує необхідну (або більшу) норму доходу на капітал і є ефективною. При цьому критерієм відбору буде максимальне значення чистої теперішньої вартості, так як при цьому визначається величина приросту власного капіталу підприємства (інвестора).

Таким чином, для техніко-економічної оцінки ефективності стратегій технічного розвитку АТП будемо використовувати три критерії – коефіцієнт технічної готовності, термін окупності та чисту теперішню вартість. Вибір оптимальної стратегії, серед множини можливих стратегій технічного розвитку, при застосуванні багатокритеріального підходу, проводиться за допомогою цільової функції. У процесі виконання завдання оптимізації повинні бути знайдені такі значення проектних параметрів, при яких цільова функція має мінімум (або максимум). Для запропонованих показників ефективності цільову функцію оптимізації можна записати таким чином:

$$U = f(\alpha_T, ЧТВ, T_{ОК}). \tag{4}$$

При цьому зміну основних параметрів цільової функції та обмеження можна записати у вигляді системи (5), в якій, окрім зазначених вище критеріїв, ще додатково введено обмеження на величину початкових інвестицій, необхідних для реалізації стратегії технічного розвитку АТП. Це пов'язано із тим, що в реальних умовах можливість залучення початкових інвестицій для впровадження стратегій технічного розвитку підприємствами буде обмежена власними ресурсами, доступністю кредитів, або іншими об'єктивними причинами.

$$\begin{cases} \alpha_T \to \max; \\ ЧТВ \to \max; \\ T_{ОК} \to \min; \\ T_{ОК} < T_{Реаліз}; \\ ЧТВ > 0; \\ ПІ \le ПІ^{\max}; \end{cases} \tag{5}$$

де $ПІ^{\max}$ – максимальний обсяг початкових інвестицій, які об'єктивно може залучити підприємство на технічний розвиток.

Завдання прийняття рішення в багатокритеріальних задачах, в загальному вигляді, можна описати безліччю допустимих виборів (альтернатив) і заданим на цій множині відношенням переваги, яке відображає інтереси особи, яка приймає рішення. У моделях прийняття рішень в умовах невизначеності широке поширення одержав принцип Беллмана-Заде [5], згідно з яким оптимальна стратегія, або варіант реалізації стратегії (адже за одною стратегією може бути запропоновано декілька варіантів реалізації, які відрізняються, наприклад, моделями рухомого складу тощо) визначаються у відповідності з такими принципами:

1. Кожний критерій c_l подається у вигляді нечіткої множини, заданої на універсальній множині варіантів *B*:

$$C = \left\{ (c_1)^{\mu_1}, (c_2)^{\mu_2}, ..., (c_l)^{\mu_l} \right\}, \tag{6}$$

де μ_l – вага критерію c_l;

2. Шляхом перетину нечітких множин-критеріїв утворюється нечітка множина потенційно хороших рішень b_{opt}:

$$b_{opt} \in D = (c_1)^{\mu_1} \cap (c_2)^{\mu_2} \cap ... \cap (c_l)^{\mu_l}, \tag{7}$$

де *D* – множина потенційно хороших рішень;

© *Є.В. Смирнов*

3. В нечіткій множині потенційних рішень вибирається стратегія (варіант) з найбільшим ступенем належності, цей варіант і є оптимальним.

При застосуванні критеріїв з різною важливістю, принцип Беллмана-Заде, як правило, застосовується спільно з методом ієрархій Т. Сааті[6], що дозволяє знаходити ступень приналежності елементів нечітких множин за допомогою процедури парних порівнянь варіантів. Такий метод багатокритеріального вибору найкращого варіанту розвитку в умовах невизначеності, який носить назву «метод найгіршого випадку», запропоновано в роботах [7, 8], основу якого складають принцип перетинання нечітких критеріїв Беллмана-Заде [5] і 9-бальна шкала лінгвістичних оцінок Сааті[6].

Кожний критерій $c_l \in C = \left\{(c_1)^{\mu_1}, (c_2)^{\mu_2}, ..., (c_l)^{\mu_l}\right\}$ будемо інтерпретувати як нечітку множину, що задана на універсальній множині альтернатив $B = \left\{b_{11}, b_{12}, ..., b_{21}, ..., b_{ij}\right\}$ у вигляді:

$$c_l = \left\{\frac{(\omega_{11}^l)^{\mu_1}}{b_{11}}, \frac{(\omega_{12}^l)^{\mu_2}}{b_{12}}, ..., \frac{(\omega_{ij}^l)^{\mu_1}}{b_{ij}}\right\}, \tag{8}$$

де ω_{ij}^l – ступені належності елементів b_{ij} до нечітких множин, що є числами в інтервалі [0, 1], які можуть враховуватись як вага альтернатив відносно критеріїв c_l; i – індекс номеру стратегії; j – індекс номеру варіанту реалізації i-ї стратегії.

При цьому необхідне виконання умови:

$$\omega_{11}^l + \omega_{12}^l + ... + \omega_{ij}^l = 1. \tag{9}$$

В теорії нечітких множин має місце заміна операцій: $\cap \to \min$. Виходячи з цього множина потенційно хороших рішень буде мати вигляд:

$$D = \left\{\frac{\min\left\{(\omega_{11}^1)^{\mu_1}, ..., (\omega_{11}^l)^{\mu_l}\right\}}{b_{11}}, \frac{\min\left\{(\omega_{12}^1)^{\mu_1}, ..., (\omega_{12}^l)^{\mu_l}\right\}}{b_{12}}, ..., \frac{\min\left\{(\omega_{ij}^1)^{\mu_1}, ..., (\omega_{ij}^l)^{\mu_l}\right\}}{b_{ij}}\right\}. \tag{10}$$

Як найкращий варіант b_{opt} приймається варіант $b_{opt} \in D$ з максимальною вагою:

$$\omega(b_{opt}) = \max_{\substack{i=1,...,n \\ j=1,...,m}} \min\left\{(\omega_{ij}^1)^{\mu_1}, (\omega_{ij}^2)^{\mu_2}, ..., (\omega_{ij}^l)^{\mu_l}\right\}. \tag{11}$$

Визначення ваг всіх варіантів (альтернатив), що входять до нечіткої множини (8) базується на ідеях методу структурного аналізу систем [9], в якому належність системи розповсюджується між її елементами відповідно до рангів. Ранг елемента характеризує його важливість в сенсі надійності. В нашому випадку сума ваг, яка дорівнює одиниці, буде розподілятись між варіантами відповідно до їх рангів.

Нехай q_{ij}^l – ранг варіанту $b_{ij} \in B$ стосовно критерію $c_l \in C$. Припустимо таке: чим вища вага ω_{ij}^l варіанту, тим вищий його ранг q_{ij}^l. Це формально можна записати у вигляді:

$$\frac{\omega_{11}^l}{q_{11}^l} = \frac{\omega_{12}^l}{q_{12}^l} = ... = \frac{\omega_{fg}^l}{q_{fg}^l} = ... = \frac{\omega_{ij}^l}{q_{ij}^l}. \tag{12}$$

Нехай b_{fg}^l найгірший варіант (за критерієм $c_l \in C$) з вагою ω_{fg}^l і рангом q_{fg}^l. Використовуючи співвідношення (12) виразимо ваги усіх варіантів через вагу найгіршого варіанту:

$$\omega_{11}^{l} = q_{fg}^{l}\frac{\omega_{fg}^{l}}{q_{11}^{l}},\ \omega_{12}^{l} = q_{fg}^{l}\frac{\omega_{fg}^{l}}{q_{12}^{l}},\ ...,\ \omega_{ij}^{l} = q_{ij}^{l}\frac{\omega_{fg}^{l}}{q_{fg}^{l}}. \quad (13)$$

Підставляючи ваги варіантів в умову $\omega_{11}^{l} + \omega_{12}^{l} + ... + \omega_{ij}^{l} = 1$, отримаємо вагу найгіршої альтернативи за критерієм c_l:

$$\omega_{fg}^{l} = \frac{1}{\frac{q_{11}^{l}}{q_{fg}^{l}} + \frac{q_{12}^{l}}{q_{fg}^{l}} + ... + \frac{q_{nm}^{l}}{q_{fg}^{l}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\frac{q_{ij}^{l}}{q_{fg}^{l}}}. \quad (14)$$

Для визначення ваги критеріїв μ_k скористаємось принципами і припущеннями наведеними вище. Припускатимемо, що чим вища вага μ_l критерію $c_l \in C$, тим вищий його ранг J_l, тобто

$$\frac{\mu_1}{J_1} = \frac{\mu_2}{J_2} = ... = \frac{\mu_q}{J_q} = ... = \frac{\mu_l}{J_l}. \quad (15)$$

Нехай μ_q і J_q – вага і ранг найменш важливого критерію. Тоді, вимагаючи виконання умов $\mu_1 + \mu_2 + ... + \mu_l = 1$ за аналогією з наведеним вище при визначенні ω_{ij}, розподілимо ваги критеріїв відповідно до їх рангів:

$$\mu_q = \frac{1}{\frac{J_1}{J_q} + \frac{J_2}{J_q} + ... + \frac{J_l}{J_q}} = \frac{1}{\sum_{l=1}^{h}\frac{\mu_l}{\mu_q}}; \quad (16)$$

$$\mu_1 = \mu_q\frac{J_1}{J_q},\ \mu_2 = \mu_q\frac{J_2}{J_q},\ ...,\ \mu_l = \mu_q\frac{J_l}{J_q}. \quad (17)$$

де співвідношення рангів критеріїв оцінюється за 9-бальною шкалою Сааті[6].

Використовуючи наведені співвідношення за формулами (16) і (17), визначимо вагу критеріїв для побудованої цільової функції (4). Позначимо критерії:

– c_1 – коефіцієнт технічної готовності;

– c_2 – чиста теперішня вартість;

– c_3 – термін окупності.

Найменш важливим критерієм цільової функції є термін окупності (c_3). На основі лінгвістичних оцінок Сааті[5]: $\frac{J_1}{J_3} = 3, \frac{J_2}{J_3} = 5, \frac{J_3}{J_3} = 1$, тоді за формулами (16) і (17) вага критеріїв буде дорівнювати:

$$\mu_1 = \frac{3}{3+5+1} = 0{,}333; \qquad \mu_3 = \frac{5}{3+5+1} = 0{,}556; \qquad \mu_3 = \frac{1}{3+5+1} = 0{,}111.$$

Враховуючи вагові коефіцієнти критеріїв, цільову функцію можна записати як множину:

$$C = \left\{\alpha_{т}^{0{,}333}, ЧТВ^{0{,}556}, T_{ок}^{0{,}111}\right\}.$$

Висновки. В роботі обгрунтовано використання коефіцієнта технічної готовності, терміну окупності та чистої теперішньої вартості в якості техніко-економічних критеріїв ефективності стратегій технічного розвитку. На

основіобґрунтованихкритеріївпобудованацільовафункціявизначенняоптимальноїстратегії та система обмежень для цих показників. Розроблено метод визначення оптимальної стратегії технічного розвитку на основі «методу найгіршого випадку» та визначено вагу запропонованих критеріїв.

Література

1. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика / М. Н. Бідняк, В. В. Біліченко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 176 с. – ISBN 966-641-200-4.
2. Біліченко В. В. Шляхи та перспективи технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті / В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2005. – № 30. – с. 168 - 170.
3. Біліченко В. В. Визначення ефективності проектів технічного розвитку виробництва на автомобільному транспорті / В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, – 2009. – №2. – режим доступу до журн. : http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/vntu/2009-2/2009-2.files/uk/09vvboat_ua.pdf.
4. Бідняк М. Н. Планування інвестицій на автомобільному транспорті України / М. Н. Бідняк, Н. М. Бондар. – К.: Б. В., 2000. – 118 с.
5. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. Сборник переводов. – М. : Мир, 1976. – с. 172 – 215.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати [Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе]. – М. : «Радио и связь», 1993. – 279 с.
7. Ротштейн А. П. Нечеткий многокритериальный выбор альтернатив: метод наихудшего случая / А. П. Ротштейн // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2009. – №3. – С. 51–55.
8. Біліченко В. В. Вибір найбільш ефективного проекту стратегій організаційно технічного розвитку підприємств автомобільного транспорту/ В. В. Біліченко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 3 – С. 68 – 74.
9. Нечипоренко В. И. Структурний анализ систем: надежность и ефективность / В. И. Нечипоренко. – М. : Сов. Радио, 1976. – 216 с.

Стаття надійшла в редакцію 28.04.2016

© Є.В. Смирнов

УДК 629.111

Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
Національний університет "Львівська політехніка"

РЕЗОНАНСНІ КОЛИВАННЯ ПІДРЕСОРЕНОЇ ЧАСТИНИ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ НЕКОНСЕРВАТИВНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ

Розроблено методику дослідження резонансних коливань підресореної маси колісних транспортних засобів із нелінійною неконсервативною силовою характеристикою системи підресорювання. В її основу покладено основні ідеї методів збурень у поєднанні із спеціальними періодичними Ateb-функціями. Отримано умову існування резонансних коливань та залежності, які описують визначальні їх параметри.

Ключові слова: *підресорена маса, амплітуда, частота коливань, явище резонансу.*

Б.И. Сокил, Р.А. Нанивский, М.Б. Сокил
Национальная академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного
Национальный университет "Львовская политехника "

РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПОДРЕССОРЕННОЙ ЧАСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С НЕКОНСЕРВАТИВНОЙ СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ

Разработана методика исследования резонансных колебаний подрессоренной массы колесных транспортных средств с нелинейной неконсервативной силовой характеристикой системы подрессоривания. В ее основу положены основные идеи методов возмущений в сочетании со специальными периодическими Ateb-функциями. Получено условие существования резонансных колебаний и зависимости, описывающие определяющие их параметры.

Ключевые слова: *подрессоренная масса, амплитуда, частота колебаний, явление резонанса.*

B. Sokil, R. Nanivskyi, M. Sokil
The National Academy of the Army named after Hetman Sahaidachny
National University "Lviv Polytechnic"

RESONANT VIBRATIONS OF SPRUNG PART OF WHEELED VEHICLES WITH THE CONSERVATIVE FORCE CHARACTERISTIC OF THE SPRUNG SYSTEM

It is developed the research methodology of resonant vibrations of sprung mass of the wheeled vehicles with nonlinear non-conservative force characteristic of the sprung system.It is based on the main ideas of perturbation method in combination with special periodic Ateb-functions.It is obtained the condition for the existence of resonant vibrations and dependences that describe their defining parameters.

Keywords: *sprung mass, amplitude, vibration frequency, the phenomenon of resonance.*

Актуальність та огляд основних результатів. Найбільш небезпечними випадками руху колісних транспортних засобів **(**КТЗ) вздовж шляху із нерівностями є ті, які викликають резонансні коливання підресореної маси (ПМ) чи інших систем. Такі процеси характеризуються значним ростом амплітуди коливань, а значить і динамічними навантаженнями, як на людей, що перевозяться, так і на окремі вузли чи системи, зменшуючи тим самим ресурс їх експлуатації. Резонансні коливання ПМ КТЗ за умови лінійної характеристики пружних амортизаторів ґрунтовно розглядались у низці робіт [1-4]. Однак, пружні амортизатори із лінійною та навіть квазілінійною характеристиками відновлюючої сили не забезпечують належної комфортабельності перевезення людей чи транспортування чутливих щодо коливань вантажів [5; 6]. В той же час, дослідження динаміки КТЗ із нелінійною характеристикою відновлюючої сили від деформації (прогресивної чи регресивної), а також її швидкості руху не знайшло належного розвитку. Це зв'язано із значними математичними труднощами – побудовою та дослідженням розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь, які їх описують. Лише в окремих роботах [5-7] проводились аналітичні дослідження коливань ПМ ТЗ за умови, що відновлююча сила описується близькою до степеневої функцією. Із нелінійною залежністю пружної сили амортизаторів від деформації зв'язана низка особливостей коливань підресореної частини – залежність частоти власних коливань від амплітуди, а значить і резонансні процеси. Саме дослідження останніх, за умови, що відновлююча сила амортизаторів залежить від їх деформації та її швидкості, є предметом розгляду роботи.

© Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл

Постановка задачі та методика її розв'язування. У роботі розглядаються вертикальні коливання підресореної частини ТЗ за умови, що відновлююча сила пружних амортизаторів F визначається деформацією Δ та швидкістю деформації $\dot{\Delta}$ останніх, а сила опору демпферних пристроїв R – лише швидкістю деформації. Приймається, що вказані сили носять нелінійний характер і описуються залежностями

$$F\left(\Delta,\dot{\Delta}\right)=\left(\alpha_1+\alpha_2\dot{\Delta}^{\nu_1}\right)\Delta^{\nu_2+1}\ , \tag{1}$$

$$R\left(\dot{\Delta}\right)=\alpha_3\dot{\Delta}^{s}\ , \tag{2}$$

де $\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3,\nu_1,\nu_2,s-$ сталі, які задовольняють певним умовам, на яких зупинимось нижче.

На рис.1 представлено залежність відновлюючої сили від деформації Δ та швидкості деформації $\dot{\Delta}$; ν_1 =-2/5; ν_2 =4/3; $F_1=P-\alpha_1\Delta^{\nu_2+1}$.

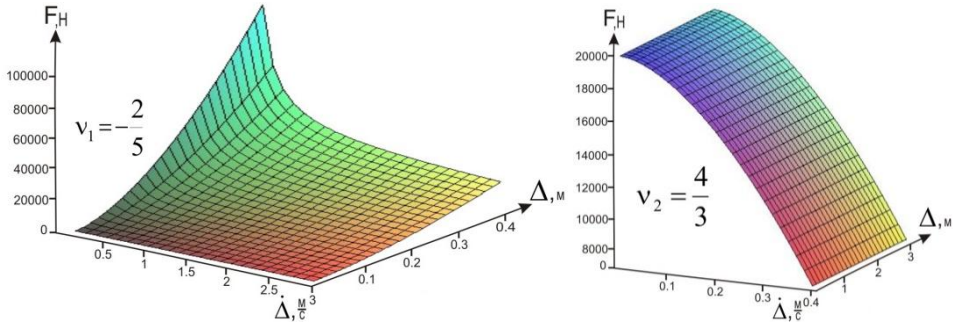


Рис. 1. – **Залежність відновлюючої сили від деформації Δ та швидкості деформації $\dot{\Delta}$ за різних значень параметрів ν_1 і ν_2**

Вважатимемо, що транспортний засіб рухається вздовж шляху із впорядкованою системою нерівностей, які описуються гладкою періодичною функцією $\hat{z}=H\sin 2\pi x/L$, де $H-$ амплітуда нерівності, L – віддаль між гребнями нерівностей. У випадку сталої швидкості V руху КТЗ вказані нерівності представляються функцією від часу у вигляді $\hat{z}=H\sin 2\pi Vt/L$. Стосовно системи відліку, початок котрої співпадає із положенням статичної рівноваги $F\left(\Delta_{cm.},0\right)=Mg$ ($M-$ маса підресореної частини, $\Delta_{cm.}$–статична деформація амортизаторів), диференціальне рівняння вертикальних коливань ПМ набуває вигляду

$$m\ddot{z}+\left(\alpha_1+\alpha_2\left(\frac{dz}{dt}-\dot{\hat{z}}\right)^{\nu_1}\right)\left(z+\Delta_{cm.}-\hat{z}\right)^{\nu_2+1}=P-\alpha_3\left(\frac{dz}{dt}-\dot{\hat{z}}\right)^{s}. \tag{3}$$

Примітки.

1. За вказаної моделі відновлюючої сили амортизаторів статична деформація визначається із умови $\alpha_1\Delta_{cm.}^{\nu_2+1}=Mg\rightarrow\Delta_{cm.}=\left(Mg/\alpha_1\right)^{1/(\nu_2+1)}$;

2. Диференціальне рівняння (3) буде описувати коливальний процес підресореної частини, якщо функція $F\left(\Delta,\dot{\Delta}\right)$ є непарною за деформацією та парною за швидкістю деформації, а $R\left(\dot{\Delta}\right)-$ непарною. Виходячи із наведеного, нижче будемо вважати, що $\nu_1=\frac{2\left(r_1-q_1\right)}{2q_1+1}$, $\nu_2+1=\frac{2q_2+1}{2q_2+1}$, $s=\frac{2q_1+1}{2q_2+1}$ $r_i,q_i=0,1,2,\ldots,\ i=1,2$.

3. У роботі розглядається випадок малої сили опору, тобто $\max\left|F\left(\Delta,\dot{\Delta}\right)\right|>>\max\left|R\left(\dot{\Delta}\right)\right|$ тамах$\left|\alpha_2\dot{\Delta}^{\nu_1}\Delta^{\nu_2+1}\right|>>\max\left|\alpha_1\Delta^{\nu_2+1}\right|$ (домінуючу роль відіграє неконсервативна складова відновлюючої сили).

Загалом наведене дозволяє використати на базі спеціальних Ateb- функцій [8;9]загальні ідеї методу Ван-дер-Поля [10]. Використання останнього найбільш ефективне у випадку, коли незбурений рух вдається описати за допомогою аналітичних функцій. Для випадку, що розглядається, це власні коливання підресореної частини, яким відповідає диференціальне рівняння

$$m\ddot{z}^*+\alpha_2\left(\frac{dz^*}{dt}\right)^{\nu_1}\left(z^*\right)^{\nu_2+1}=0\ , \tag{4}$$

© Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл

де $z^* = z - \Delta_{cm.}$. Вони описуються за допомогою періодичних Ateb-функцій у вигляді $z^*(t) = aca\left(\nu_2 + 1, \frac{1}{1-\nu_1}, \omega(a)t + \theta\right)$, де a, θ – для незбуреного випадку сталі параметри, а функція $\omega(a)$ приймає значення $\omega(a) = \frac{\nu_2 + 2}{2}\left(\frac{\alpha_2}{m}\frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(\nu_2+2)}\right)^{\frac{1}{2-\nu_1}} a^{\frac{\nu_1+\nu_2}{2-\nu_1}}$. Для збуреного випадку вказані параметри вже залежать від часу і визначаються зовнішнім періодичним збуренням та силовими характеристиками підвіски. Тобто, для збуреного руху, якому відповідає диференціальне рівняння (3), у першому наближенні динамічний процес описується залежністю

$$z(t) = a(t)ca\left(\nu_2 + 1, \frac{1}{1-\nu_1}, \omega(a(t))t + \theta(t)\right), \tag{5}$$

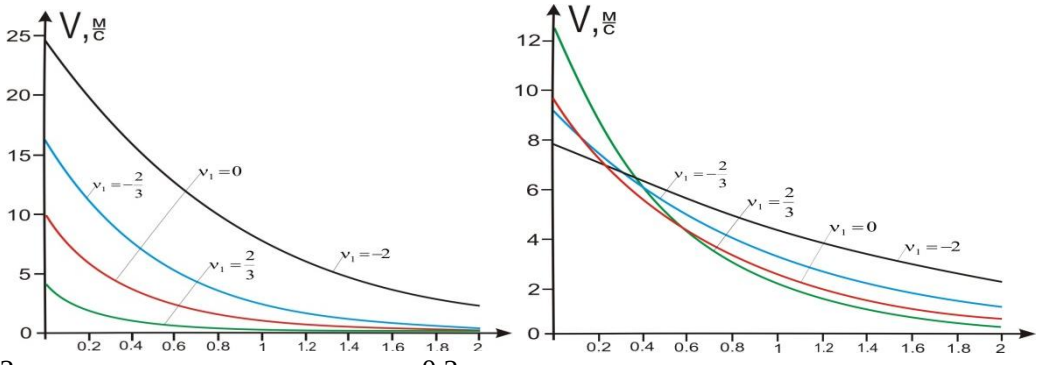
у якій невідомі функції $a(t)$ та $\theta(t)$. Вони знаходяться таким чином, щоб представлення розв'язку у формі (5) задовольняло рівнянню (3). У зв'язку із цим, що функція $\hat{z}(t)$ є періодичною відносно параметру t із періодом $T_{з.} = L/V$, для збуреного руху можливі наступні випадки: а) період власних коливань підресореної частини є близьким або рівним періоду зовнішнього збурення; б) період власних коливань відмінний від періоду зовнішнього збурення. Перший випадок будемо називати *резонансним* і він має місце при $L/V = 2\Pi/\omega(a)$, другий–*нерезонансний* при $L/V \neq 2\Pi/\omega(a)$. У вказаних вище співвідношеннях Π – півперіод за фазою $\psi = \omega(a)t + \theta$ розв'язку рівняння (4), тобто $\Pi = \Gamma(1/(\nu_2+2))\Gamma((1-\nu_1)/(2-\nu_1))\Gamma^{-1}(1/(\nu_2+2) + (1-\nu_1)/(2-\nu_1))$. Із наведеного випливає, що резонансне явище підресореної частини за руху ТЗ впорядкованою системою нерівностей має місце за певного співвідношення між амплітудою вертикальних коливань та швидкістю руху:

$$V = \frac{L}{\Pi}\frac{\nu_2+2}{4}\left(\frac{\alpha_2}{m}\frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(\nu_2+2)}\right)^{\frac{1}{2-\nu_1}} a^{\frac{\nu_1+\nu_2}{2-\nu_1}} \tag{6}$$

Окремим випадком отриманої залежності при $\nu_1 = 0$ є так званашвидкість резонансу дляконсервативної системи та $\nu_1 = \nu_2 = 0$ лінійної моделі відновлюючої сили підвіски. Востанньому випадку, як відомо, вона не залежить від амплітуди коливань.Одночасно, якщо амплітуда коливань ПМ є меншою за a^* резонансне явище спостерігатись не буде.

$$a^* = \left[\frac{4V\Pi}{L(\nu_2+2)}\left(\frac{\alpha_2}{m}\frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(\nu_2+2)}\right)^{\frac{1}{\nu_1-2}}\right]^{\frac{2-\nu_1}{\nu_1+\nu_2}} \tag{7}$$

Нижче, на рис.2, представлено залежність швидкості резонансу вертикальних коливань ПМ від параметру ν_2 за різних значень параметрів ν_1 та амплітуди коливань.



a=0,02 a=0,2

Рис.2. – **Залежність швидкості резонансу вертикальних коливань ПМ від параметру ν_2 за різних значень параметрів ν_1 та амплітуди коливань**

Із наведеного випливає, що резонансний випадок має місце при наближенні амплітуди власних коливань до значення a^*; по-друге, є більш швидкоплинним, ніж для випадку квазілінійних систем, адже увійшовши у резонансну зону амплітуда коливань швидко зростає, а значить змінюється власна частота (система виходить із резонансу); по-третє, резонансний процес

© Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл

суттєвим чином залежить від різниці фаз власних та вимушених коливань. У зв'язку із наведеним вище, для описання резонансу ПМ отримано систему диференціальних рівнянь у вигляді

$$\frac{da}{dt} = -\frac{2-\nu_1}{4\pi\omega(a)}\int_0^{2\pi} sa\left(\frac{1}{1-\nu_1}, \nu_2+1, \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma)\right) G\left(a, \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma), \gamma\right) d\gamma,$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\pi}{\Pi}\omega(a) - \frac{2\pi V}{L} - \frac{(\nu_2+2)(2-\nu_1)}{4\pi a\omega(a)} \times$$

$$\times \int_0^{2\pi}\left(sa\left(\frac{1}{1-\nu_1}, \nu_2+1, \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma)\right)\right)^{\frac{\nu_1}{\nu_1-1}} ca\left(\nu_2+1, \frac{1}{1-\nu_1}, \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma)\right) G\left(a, \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma), \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma)\right) d\gamma.)$$

де ϑ –"різниця фаз" власних та вимушених коливань, тобто $\vartheta = \frac{\pi\psi}{\Pi} - \gamma \to \psi = \frac{\Pi}{\pi}(\vartheta+\gamma)$, $G\left(a, \frac{\pi}{\Pi}(\vartheta+\gamma), \gamma\right)$ – відома функція, що визначається правою частиною рівняння (3).

Таблиця 1.

Значення резонансної амплітуди $a_{рез.}$ для різних параметрів нелінійності ν, швидкості руху V, віддалі між гребнями горбів d

N з/п	Параметри					
	ν_1	ν_2	V, м/с	d, м	a^*, м	$a_{рез.}$, м
1	-0,8	0	10	3	0,00371	0,015
2	-0,5	0	10	3	0,00051	0,012
3	-0.3	0	10	3	0,00021	0,01
4	-0,8	0	10	5	0,019	0.051
4	-0,5	0	10	5	0,0066	0,039
6	-0.3	0	10	5	0.001	0.032
7	-0,8	0	15	5	0,0046	0,039
8	-0,2	-0,8	20	3	0,014	0,018
9	-0,3	-0,8	20	3	0,015	0,021
10	-0,4	-0,8	20	3	0,016	0,022

Наведені результати показують ще одну якісну та кількісну відмінність резонансного явища коливань підресореної частини за квазілінійної та нелінійної характеристики пружних амортизаторів: увійшовши у резонансну зону, динамічний процес підресореної частини описується диференціальними рівняннями (15). Амплітуда коливань в такому разі зростає, а значить система виходить із резонансу, а отже описується диференціальними рівняннями (13). Наявні сили опору спричиняють затухання коливань, тому амплітуда коливань з часом зменшується до величини близької до a^*, а значить система знову входить у резонанс. Так, динамічний процес буде повторюватись.

Що стосується кількісних характеристик резонансних коливань, то:

за значень параметру $\nu_1, \nu_2, < 0$ та $\nu_1 < 0, \nu_2 > 0$ більшим значенням швидкості відповідає менше значення резонансної амплітуди;

за сталої швидкості руху та $\nu_1, \nu_2, < 0$ більшим значенням ν_1 відповідає менше значення резонансної амплітуди;

за сталої швидкості руху $\nu_1 < 0, \nu_2 > 0$ більшим значенням ν_2 відповідає менше значення резонансної амплітуди.

Література

1. Артющенко А.Д. Дослідження впливу характеристик підвіски автомобіля малого класу на плавність ходу та її модернізація / А.Д. Артющенко, О.Г. Суярков // Вісник НТУ "ХПІ". – 2013. – № 32 (1004). – С.21-27.

2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.

3. Мельников А.А. Теория автомобиля. Колебания и плавность хода: Учеб.пособ. –Нижний Новгород: Нижнегородсуий гос.техн.ун-т, 1998. – 112с.

© Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл

4. Лобас Л.Г. Качественные и аналитические методы в динамики колесных машин / Л.Г. Лобас, В.Г. Вербицкий. – К.: Наукова думка, 1990. – 232с.

5. Кузьо І.В. Вплив параметрів підвіски на нелінійні коливання транспортних засобів / І.В. Кузьо, Б.І. Сокіл, В.М. Палюх // Вісник НУ "ЛП" "Динаміка, міцність та проектування машин і приладів". – 2007. – №588. – С. 49-52.

6. Hrubel M. Influence of characteristics of wheeled vehicle suspensions of its road-holding along curved stretches of track/ M. Hrubel, R. Nanivskyi, M. Sokil// Science & militariy. – Slovak Republska: Liptovscy Mikulas, 2014. – Vol. 9, – № 1. – p. 15-19.

7. Величко Л.Д. Розробка методу розрахунку нелінійних поздовжньо-кутових коливань гусеничних транспортних засобів / Л.Д. Величко, Б.І. Сокіл, Ю.А. Чаган // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів: Вісник НУ «ЛП»,2011. – Вип. № 702. – С. 49-53.

8. Сеник П.М. Обернення неповної Beta-функції / П.М. Сеник // Укр. мат. журн. – 1969. – 21, №3. – С. 325-333.

9. Сеник П.М. Про табулювання періодичних Ateb-функцій / П.М. Сеник, А.М. Возний // Доп. АН УРСР. – 1969. – № 12. – С. 1089-1092.

10. Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний/ Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – М.: Наука, 1974. – 501 с.

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2016

© Б.І. Сокіл, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл

УДК 629.413-592.112

О. Б. Стаднык
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В материалах статьи проиллюстрированы методы и средства повышения эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств. Повышение эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов базируется на методах оценки напряженно-деформированного состояния тормозного диска и определении оптимальных его конструктивных параметров. В качестве средств повышения эксплуатационных параметров выступает снижение энергоемкости их тормозных дисков с помощью биметаллического полудиска и охлаждением типа «тепловая труба».

Ключевые слова: *дисково-колодочный тормоз, пары трения, напряженно-деформированное состояние, биметаллический полудиск, охлаждение типа «тепловая труба».*

О. Б. Стадник

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

У матеріалах статті проілюстровані методи і засоби підвищення експлуатаційних параметрів дисково-колодкових гальм автотранспортних засобів. Підвищення експлуатаційних параметрів дисково-колодкових гальм базується на методах оцінки напружено-деформованого стану гальмівного диска і визначенні оптимальних його конструктивних параметрів. Засобами підвищення експлуатаційних параметрів є зниження енергоємності їх гальмівних дисків за допомогою біметалічного напівдиску і охолодженням типу «теплова труба».

Ключові слова: *дисково-колодкового гальма, пари тертя, напружено-деформований стан, біметалічний напівдиск, охолодження типу «теплова труба».*

O. B. Stadnyk
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

METHODS AND MEANS OF THE IMPROVING OPERATIONAL PARAMETERS OF THE DISK BRAKES OF THE VEHICLES

In the disk brakes, where the working surface of a contact pad with a running track of disk made by plane, in the axial direction the volume temperatures change less than surface temperatures in the radial direction, so the first temperatures is much less and the second temperatures. Therefore, non-uniformity of the unit loads in width of the pad in disk brakes is less, which allows you to apply a pad in hard materials that allow high specific loads. To ensure the required braking torque at lower coefficients of the overlapping the unit loads mast be in 4 ... 6 times higher than in the friction pairs of the drum brakes.

The importance of ensuring the effective and safe operation of the friction pairs of disk brakes of the handling equipment and vehicles is to determine the rational design parameters of various types of brake disks. At the same time in the design of the friction unit of the disk brakes, there is no complex combination of dynamic and thermal calculation to determine the rational design parameters of its elements, which would allow to designing a friction brake assembly on the basis of conditions to ensure the necessary braking torque and efficient energy intension.

We've illustrated the methods and means to improve operational parameters of the disk brakes of the vehicles. Increasing the operational parameters of disk brakes based on the methods of evaluation of the stress-strain state of the brake disc and the determination of its optimal design parameters. As a means of improving the operational parameters are the reduction the energy intensity of the brake discs by the bimetallic half-disks and cooling by "heat pipe".

Keywords: *disc brake, friction pairs, stress-strain state, bimetallic half-disk, cooling by "heat pipe"*

Состояние проблемы. В дисково-колодочных тормозах, где контакт рабочей поверхности накладки с беговой дорожкой диска осуществляется по плоскости в осевом направлении, объемные температуры изменяются меньше чем в радиальном поверхностные температуры и поэтому первые намного меньше вторых. Поэтому неравномерность удельных нагрузок по ширине накладки в дисково-колодочных тормозах меньше, что позволяет применить накладки из более твердых материалов, допускающих высокие значения удельных нагрузок. Для обеспечения требуемых моментов трения при малых коэффициентах взаимного перекрытия удельные нагрузки в 4…6 раз больше, чем в парах трения барабанно-колодочного тормоза.

Тонкий поверхностный слой тормозного диска подвергается циклической тепловой нагрузке импульсного типа [1]. При электротермомеханическом нагружении пар трения аккумулируемая теплота не успевает распространиться вглубь толщины диска и рассеяться в окружающую внешнюю среду. Поверхность трения диска разогревается до температур, вызывающих сложные необоротные структурные и химические преобразования – образуются аустенитные структуры, наблюдается рост игл мартенсита, пластин графита и окисление на границах зерен. Эти

© О.Б. Стаднык

преобразования ведут к снижению сопротивляемости материала диска и к электротермоциклическим воздействиям. В результате поверхность трения диска оказывается пораженной микротрещинами глубиной до десятых долей миллиметр. При совместном действии механических, электрических и тепловых нагрузок в результате микропластических деформаций образуется новая поверхность трения, обладающая повышенной износостойкостью. Рациональная структура поверхностного слоя диска образуется лишь при условии замедленного темпа накопления необратимых изменений при циклических торможениях, причем температурная зона при длительной эксплуатации дисков из серого чугуна не должно превышать (по поверхностной температуре) 450…480°С.

Актуальным обеспечением эффективной и безопасной работы пар трения дисково-колодочных тормозов подъемно-транспортного оборудования и автотранспортных средств является определение рациональных конструктивных параметров тормозных дисков различных типов. В то же время в области проектирования фрикционного узла дисково-колодочного тормоза отсутствует комплексное сочетание динамического и теплового расчета для определения рациональных конструктивных параметров его элементов, что позволило бы спроектировать фрикционный узел тормоза исходя из условия обеспечения необходимого тормозного момента и эффективной энергоемкости.

Методы повышения эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов. Повышение эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов базируется на методах оценки напряженно-деформированного состояния тормозного диска и определении оптимальных его конструктивных параметров.

Боковые поверхности сплошных тормозных дисков работают в различных тепловых условиях в связи с тем, что их беговые дорожки, фрикционно взаимодействующие с рабочими поверхностями накладок, находятся у торцов диска. Это обстоятельство требует дифференциального подхода к определению температурных напряжений диска. В зависимости от материала диска, от величины и закона изменения температуры в нем, от длительного и импульсного теплового воздействия определяют напряжения в пределах теории упругости или деформации с учетом текучести материала. Модуль упругости и коэффициент теплового линейного расширения считают постоянными или учитывают их изменение в зависимости от температуры.

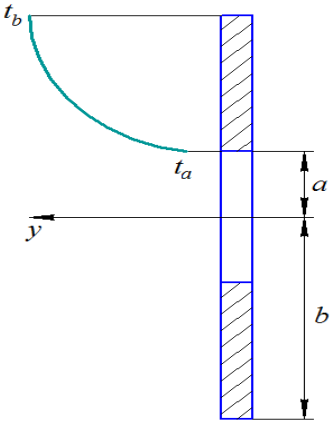


Рисунок 1. – **Расчетная схема напряженно-деформированного состояния тормозного**

Опасность температурных напряжений доказана большим количеством выхода дисков из строя, особенно при хрупком материале (чугун) при большом количестве циклов теплового воздействия, если форма диска в сопряжении с фланцем препятствует пластическим деформация.

Температура является логарифмической функцией, убывающей с уменьшением радиуса (рис. 1)

$$t = \frac{t_b - t_a}{\ln \alpha'} \ln \frac{b}{r} + t_a, \qquad (1)$$

где $\alpha' = b/a$ – геометрическая характеристика диска; r – текущий радиус диска.

При определении температурных напряжений наружного контура диска можно полагать, что они равной нулю, поскольку напряжения зависят только от разности температур.

Вычисление интегралов, входящих в общие формулы температурных напряжений, приводит к следующему результату:

$$\frac{\Delta t}{\ln \alpha'} \int_a^b \ln \frac{b}{r} r dr = \frac{\Delta t}{2 \ln \alpha'} b^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha'^2} \left(\ln \alpha' + \frac{1}{2} \right) \right]; \qquad (2)$$

$$\frac{\Delta t}{\ln \alpha'} \int_a^r \ln \frac{b}{r} r dr = \frac{\Delta t}{2 \ln \alpha'} r^2 \left[\ln \frac{\alpha'}{y} + \frac{1}{2} - \frac{1}{y^2} \left(\ln \alpha' + \frac{1}{2} \right) \right], \qquad (3)$$

где $\Delta t = t_b - t_a$ – максимальная разность объемных температур в диске; $y = r/b$ – относительный радиус диска.

Подставив эти выражения в общие формулы для напряжений, после несложных преобразований, получаем

$$\sigma_r = \beta_t E \frac{t_b - t_a}{2}\left(\frac{\ln y}{\ln \alpha'} - \frac{\alpha'^2}{y^2}\frac{y^2-1}{\alpha'^2-1}\right); \quad (4) \qquad \sigma_\theta = \beta_t E \frac{t_b - t_a}{2}\left(\frac{1+\ln y}{\ln \alpha'} - \frac{\alpha'^2}{y^2}\frac{y^2+1}{\alpha'^2-1}\right), \quad (5)$$

где β_t – коэффициент линейного расширения материала; E – модуль упругости материала диска.

Подставив затем значения напряжений и функцию температуры в общее выражение для определения относительной радиальной деформации, получаем

$$\varepsilon_\theta = \beta_t \frac{t_b - t_a}{2}\left[\frac{1-(1+\mu)\ln y}{\ln \alpha'} + \frac{\alpha'^2\left(y^2-1\right)(1+\mu)-2y^2}{y^2\left(\alpha'^2-1\right)}\right] + \beta_t t_b, \quad (6)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

Напряжения и радиальное перемещение на внутреннем контуре диска ($r=a$; y=1,0):

$$\sigma_{ar} = 0; \quad \sigma_{a\theta} = \beta_t E \frac{t_b - t_a}{2}\left(\frac{1}{\ln \alpha'} - \frac{2\alpha^2}{\alpha'^2-1}\right); \quad (7) \qquad \Delta_a = a\beta_t\left[\frac{t_b - t_a}{2}\left(\frac{1}{\ln \alpha'} - \frac{2}{\alpha'^2-1}\right) + t_b\right]. \quad (8)$$

Расчеты, выполненные по зависимостям (7) и (8) (табл. 1) позволили определить температурные напряжения $\sigma_{a\theta}$ и радиальные перемещение Δ_a на внутреннем контуре диска ($r=a$; y=1,0) при различных значениях b и a и установить следующее:

Таблица 1

Напряжения $\sigma_{a\theta}$ и радиальное перемещение Δ_a на внутреннем контуре диска ($r=a$; y=1) при постоянном (b) и различном (a) значениях

b, м	a, м	t_b, ºС	t_a, ºС	E, Па	β_t, ºС$^{-1}$	$\sigma_{a\theta}$, МПа	Δ_a, мкм
0,4	0,05	150	60	$9{,}0\cdot10^{10}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	-56,53	76,60
	0,07		80			-42,23	105,76
	0,09		100			-29,08	132,92
	0,11		120			-16,88	157,57

– при b = const и t_b = const при изменении a и t_a при постоянных значениях E и β_t наблюдается увеличение как $\sigma_{a\theta}$, так и Δ_a, что свидетельствует о сжатии внутренней части диска, и как следствие, возникновение очагов микротрещин при его соединении со ступицей;

– при переменных значениях b, a, t_b, t_a и постоянных значениях E и β_t также наблюдается увеличение как $\sigma_{a\theta}$, так и Δ_a, что вызвано удлинением величины a от беговой дорожки трения диска.

Напряжения и радиальное перемещение на внешнем контуре диска ($r=b$; $y=\alpha'$):

$$\sigma_{br} = 0; \quad \sigma_{b\theta} = \beta_t E \frac{t_b - t_a}{2}\left(\frac{1}{\ln \alpha'} - \frac{2}{\alpha'^2-1}\right); \quad (9) \qquad \Delta_b = b\beta_t\left[\frac{t_b - t_a}{2}\left(\frac{1}{\ln \alpha'} - \frac{2}{\alpha'^2-1}\right) + t_b\right]. \quad (10)$$

Расчеты, выполненные по зависимостям (9) и (10) (табл. 2) позволили определить тепловые напряжения $\sigma_{b\theta}$ и радиальные перемещение Δ_b на внешнем контуре диска ($r=b$; $y=\alpha$) при различных значениях b и a и установить следующее:

Таблица 2

Напряжения $\sigma_{b\theta}$ и радиальное перемещение Δ_b на внешнем контуре диска ($r=b$; $y=\alpha$) при постоянном (b) и различном (a) значениях

b, м	a, м	t_b, ºС	t_a, ºС	E, Па	β_t, ºС$^{-1}$	$\sigma_{b\theta}$, МПа	Δ_b, мкм
0,4	0,05	150	60	$9{,}0\cdot10^{10}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	16,37	612,76
	0,07		80			14,47	604,33
	0,09		100			11,42	590,74
	0,11		120			7,42	572,99

– при b = const и t_b = const при изменении a и t_a при постоянных значениях E и β_t наблюдается уменьшение как $\sigma_{b\theta}$, так и Δ_b, что свидетельствует о процессе расширения наружной части диска;

– при переменных значениях b, a, t_b, t_a и постоянных значениях E и β_t также наблюдается уменьшение как $\sigma_{b\theta}$, так и Δ_b, что вызвано перераспределением тепловых потоков, идущих в верхнюю и нижнюю части диска, соответственно, от верхнего и нижнего круга беговой дорожки

© *О.Б. Стадник*

трения диска.

На оптимизации конструктивных параметров тормозных дисков останавливаться не будем, поскольку она раскрыта в работе [2].

Средства повышения эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов. В качестве средств повышения эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов является снижение энергоемкости их тормозных дисков.

Ограничение нагревания дисков дисково-колодочных тормозов является одной из наиболее существенных задач их правильного расчета и конструирования. Понижение температуры, а следовательно, и поверхностных температурных градиентов может быть достигнуто за счет снижения металлоемкости тормозного диска путем его разделения пополам и изготовлением одного из полудисков из материалов с хорошими теплоотводящими свойствами (красная медь, алюминий и др.) [3]. Однако прямая замена стального или чугунного диска на медный или алюминиевый нежелательно из-за низкой износостойкости этих металлов. Поэтому целесообразно изготавливать тормозные диски биметаллическими. На рис. 2 *а* показан биметаллический тормозной диск в составе дисково-колодочного тормоза. Особенностью биметаллического диска является то, что он состоит из полудиска 2 и биметаллического полудиска с выступами 3. Последний выполнен из алюминия. Между полудиском 2 и биметаллическим полудиском с выступами 3 расположена жесткая теплоизоляционная прокладка 4. Полудиски 2 и 3 соеденены между собой специальными винтами по окружностям (на рис. 2 *а* не показаны).

Биметаллический диск в составе дисково-колодочного тормоза работает следующим образом. При фрикционном взаимодействии накладок 1 с беговыми дорожками трения полудисков 2 и 3 аккумулируется одинаковое количество теплоты в их теле. За счет хорошей теплопроводности полудиска 3 через его выступы путем кондуктивного теплообмена будет передаваться в тело полудиска 2 до тех пор, пока их энергонагруженность не выровняется. Кроме того, наличие двух полудисков 2 и 3 позволит им быстрее прогреваться. Это обстоятельство будет способствовать снижению как поверхностных так и объемных градиентов в полудисках 2 и 3 по сравнению со сплошными (серийным) тормозным диском.

Понижение энергонагруженности тормозного диска может быть достигнуто путем интенсификации его охлаждения за счет эффекта «тепловой трубы». Последний относится к принудительному жидкостному охлаждению.

Дисково-колодочный тормоз с охлаждением «тепловая труба» (рис. 2 *б*) имеет фрикционные накладки 1, которые с помощью импульсных нормальных усилий N, прижимаются к беговым дорожкам трения диска 2. В теле тормозного диска 2 выполнены в вертикальной и горизонтальной плоскости 5, 6 соответственно, I, III и II, IV, с конфигурацией диффузоров и конфузоров. Полости 5 и 6 являются охлаждающими устройствами, выполненными в виде тепловых труб с зонами конденсации Б и испарения А.

Заправку полостей 5 и 6 теплоносителем 7 на 2/3 их объемов производят поочередно через отверстие 8, после чего оставшийся объем полостей вакуумируют и герметизируют пробкой 9.

В процессе торможения дисково-колодочным тормозом на беговой дорожке трения диска аккумулируется теплота, значительная часть которой поглощается его телом. Это вызывает испарение теплоносителя, находящегося в полостях тепловой трубы диска. При попадании теплоносителя в верхнюю часть тормозного диска (под беговую дорожку трения), т.е. в зону испарения, он нагревается и испаряется. В дальнейшем за счет создаваемого перепада давлений между зонами испарения А и конденсации Б а также различных переменных сечений полостей, имеющих конфигурации диффузоров и конфузоров, теплоноситель из зоны испарения А

© О.Б. Стадник

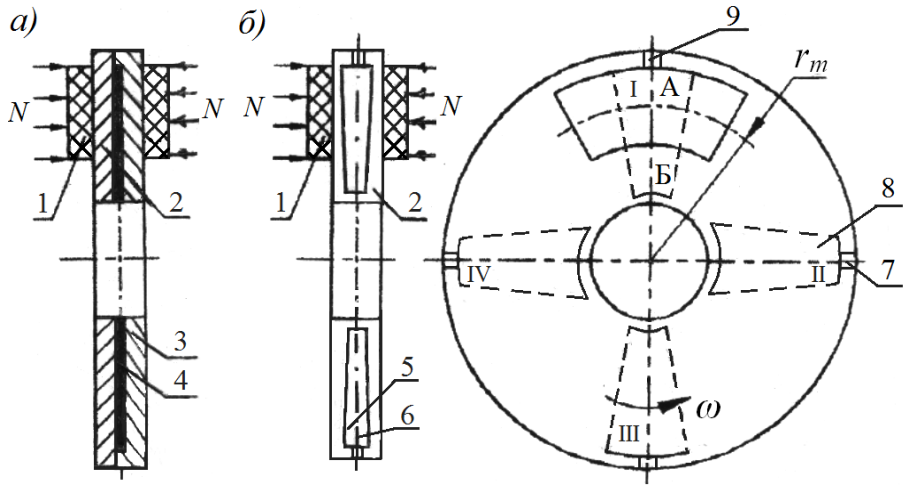


Рисунок 2 а, б. – **Схемы фрикционного взаимодействия пар трения дисково-колодочного тормоза с: *а* – биметаллическим полудиском (3); *б* – охлаждением типа «тепловая труба»: 1 – фрикционные накладки; 2 – полудиск; 4 – теплоизоляционная прокладка; 5, 6 – полости с конфигурацией конфузоров и диффузоров; 7 – теплоноситель; 8 – отверстие; 9 – пробка; *N* – усилие нажатия; r_m – средний радиус трения; *ω* – угловая скорость диска**

поступает в зону конденсации Б из зоны испарения А он подается центробежными силами, возникающими при вращении диска. В полости I по сравнению с полостью III взаимодействие зон А и Б будет происходить быстрее поскольку в I полости пар будет двигаться все время сжимаясь. В это же время жидкий теплоноситель из зоны конденсации Б (III полость) будет двигаться к зоне испарения А все время расширяясь, и таким образом он будет замедляться. В то же время полости III и IV будут находится в горизонтальном положении и теплоноситель в них будет циркулировать в двух фазах – жидкой и газообразной. Соотношение вертикальных сечений полостей (тепловой трубы) 1:2 обеспечивает необходимое количество теплоносителя в зоне конденсации для смачивания зоны испарения тепловой трубы под действием центробежных сил. Кроме того, соотношение верти-кальных сечений тепловой трубы предотвращает срыв капель под действием центробежных сил.

После завершения процесса торможения действие эффекта «тепловой трубы» на энергосостояние тормозного диска не прекращается до тех пор пока не наступит его тепловое установившееся состояние. При этом необходимо не сбрасывать со счетов вынужденное воздушное охлаждение боковых и торцевых поверхностей тормозного диска.

Выводы. Таким образом, проиллюстрированы методы и средства повышения эксплуатационных параметров дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств.

Литература

1. Стадник О.Б. Импульсная и длительная энергонагруженность пар трения дисково-колодочного тормоза автотранспортного средства / О. Б. Стадник // Проблемы трения и изнашивания: наук.-техн. сб. – К.: НАУ, 2015. – Вып. 2 (67). – С. 76-98.

2. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов барабанно- и дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств / А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, А. В. Возный [и др.]. – Баку: Апостроф, 2016. – 253с.

3. Томский К. О. Повышение эффективности работы и износостойкости тормозных устройств путем применения биметаллических материалов: дисс. … канд. техн. наук: 05.02.04 / Томский Кирилл Олегович. – М., 2013. – 152с.

Стаття надійшла в редакцію 22.04.2016

© *О.Б. Стадник*

УДК 656.13, 612.821

А.О. Сотнікова
Національний університет «Львівська політехніка»

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИДУ ВАНТАЖУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Перевезення вантажів автомобільним транспортом є однією з ключових ланок транспортного процесу. А від функціонального стану водія залежить надійність роботи усієї системи "водій – автомобіль – дорога – середовище". Саме від цього залежить збереженість вантажу під час транспортування. Існує багато умов, що впливають на водія під час перевезення вантажів, саме тому важливо брати до уваги не лише чинники зовнішнього середовища, такі, як час доби, пора року, погодні умови чи стан дорожнього покриття, а й те, який саме вантаж за видом транспортується. В даній статті, за допомогою показника активності регуляторних систем, виявлено та проаналізовано залежність функціонального стану водія від типу вантажу, що перевозиться. З'ясовано, що чим більш нестандартним є вантаж, тим сильніше зростає напруженість водія, що спричиняє не лише фізичну, а й психологічну втому. Результати можуть бути використані при складанні графіків роботи та відпочинку водіїв на маршрутах при транспортуванні вантажів.

Ключові слова: *вантаж, функціональний стан, показник активності регуляторних систем, система «водій – автомобіль – дорога – середовище».*

А.А. Сотникова
Национальный университет «Львовская политехника»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВИДА ГРУЗА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДИТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Перевозка грузов автомобильным транспортом является одним из ключевых звеньев транспортного процесса. А от функционального состояния водителя зависит надежность работы всей системы "водитель-автомобиль-дорога-среда". Именно от этого зависит сохранность груза при транспортировке. Существует много условий, влияющих на водителя при перевозке грузов, поэтому важно принимать во внимание не только факторы внешней среды, такие, как время суток, время года, погодные условия или состояние дорожного покрытия, но и то, какой именно груз по виду транспортируется. В данной статье, с помощью показателя активности регуляторных систем, выявлены и проанализированы зависимость функционального состояния водителя от типа груза. Установлено, что чем более нестандартным есть груз, тем сильнее растет напряженность водителя, что влечет за собой не только физическую, но и психологическую усталость. Результаты могут быть использованы при составлении графиков работы и отдыха водителей на маршрутах при транспортировке грузов.

Ключевые слова: *груз, функциональное состояние, показатель активности регуляторных систем, система «водитель – автомобиль – дорога – среда».*

A. Sotnikova
National University «Lviv Politechnic»

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE CARGO'S TYPE ON THE FUNCTIONAL STATE OF TRUCK DRIVERS

Transportation of cargoes by motor transport is one of the key parts of the transport process. From the functional state of the driver depends the reliability of the whole system "driver-vehicle-road-environment". Safety of cargo during transportation depends precisely on this. There are many conditions that affect a driver during the transportation of cargoes that is why it is important to take into account not only environmental factors such as time of day, season, weather conditions or the state of the road surface, but what cargo by type is transported. In this article, using index of activity of regulatory systems, was revealed and analyzed the dependence of the functional state of a driver on the type cargo that was transported. It is found that the more unusual cargo is, the more increases a driver's tension that causes not only physical but also mental fatigue. The results can be used in the preparation of schedules and rest periods on routes during transportation of cargoes.

Keywords: *cargo, functional state, the rate of activity of regulatory systems, the system "driver – vehicle – road – environment."*

Сьогодні перевезення різних видів вантажів є невід'ємною складовою розвитку економіки будь-якої країни. Одним із найбільш поширених видів транспорту для здійснення цього процесу є автомобільний. Звичайно, перевезення збільшує собівартість продукції для покупців. Тому, важливо скорочувати витрати на транспортування, але дотримуватись вимог збереженості, своєчасності та безпеки доставки вантажів.

В процесі транспортування особою, що несе відповідальність за збереженість вантажу, є водій. Різноманітність вантажів, видів транспортних засобів (ТЗ), непередбаченість умов руху здійснюють значний вплив на функціональний стан (ФС) водіїв. Як стверджує Н. У. Гюлєв,

© А.О. Сотнікова

додатковими причинами емоційної напруги є швидкість руху, що не відповідає швидкості загального потоку (тобто вона є меншою), відчуття відповідальності за збереженість вантажу [1].

Загальні відомості про вантажі

Основним нормативним документом, який регламентує перевезення вантажів автомобільним транспортом, є «Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні». Згідно цих Правил: «Вантаж – це всі предмети з моменту прийняття для перевезень до здачі одержувачу вантажу». За цими правилами здійснюються перевезення вантажів, маса і габарити яких в транспортному положенні разом з транспортним засобом не перевищують обмеження, що встановлені Правилами дорожнього руху України [2].

У цій роботі розглянуто 3 види вантажів: генеральні, наливні та небезпечні.

Генеральний вантаж – різноманітні поштучні вантажі, металопродукція, рухома техніка, залізобетонні вироби і конструкції, контейнери, поштучні вантажі. За видом упаковки – це тарно-упаковані вантажі (в мішках, коробках, ящиках), а також вантажі в збільшених транспортувальних одиницях (пакети, на піддонах, трейлерах, контейнерах) [3].

Наливний вантаж – це вантаж у рідкому, напіврідкому стані, який перевозиться наливом у цистернах, бункерних напіввагонах і контейнерах–цистернах [4].

Небезпечний вантаж – речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей, за наявності певних чинників, можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю, а також призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин [5].

Функціональний стан водія та методи його дослідження

Водій є керуючою ланкою системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС), що забезпечує рух транспортних засобів автомобільною дорогою. Саме його поведінку в різних дорожніх ситуаціях важко спрогнозувати. Тому якісне та безпечне здійснення перевезень вантажів залежать у значній мірі від ФС водія. За Ю. О. Давідічем «ФС – це комплекс характеристик функцій і якостей водія, що безпосередньо чи опосередковано зумовлюють виконання трудової діяльності, тобто безпечне керування транспортним засобом» [6].

ФС є результатом динамічної взаємодії організму із зовнішнім середовищем, який характеризується проявами якостей і властивостей організму людини. Цей стан залежить від багатьох чинників: мотивації, змісту праці, рівня сенсорного навантаження, вихідного рівня активності нервової системи, індивідуальних властивостей вищої нервової діяльності [7].

У психофізіологічних дослідженнях водіїв найбільш часто для визначення загального стану організму людини чи реакції його на який-небудь зовнішній вплив використовують математичний та статистичний аналіз запису електрокардіограми (ЕКГ). Це найбільш вивчена методика виміру й аналізу ФС. Вона широко використовується в клінічній практиці як інструмент вивчення серцево-судинної системи. У психофізіології ЕКГ служить як основний індикатор емоційного стану людини при фізичному та розумовому навантаженні [8]. При реєстрації ЕКГ інформативним показником є варіабельність серцевого ритму (ВСР).

Різні методи аналізу ВСР використовують якісні та кількісні критерії оцінки. Р. М. Баєвський запропонував для комплексної оцінки ритму серця показник активності регуляторних систем (ПАРС), який обчислюється в умовних балах на підставі статистичних показників, показників гістограми та спектрального аналізу [9].

Обчислення ПАРС здійснюється за алгоритмом, що враховує наступні п'ять критеріїв [10]:

А – сумарний ефект регуляції;

Б – функція автоматизму;

В – вегетативний гомеостаз;

Г – стійкість регуляції;

Д – активність нервових центрів.

Показник активності регуляторних систем визначається сумою цих критеріїв за модулем:

$$ПАРС = |А| + |Б| + |В| + |Г| + |Д| \quad (1)$$

Більш детальний розгляд діапазонів ФС за даним показником представлено таким чином [11]:

- до 3 балів – фізіологічна норма (1 бал – оптимальний рівень, 2 бали – нормальний рівень, 3 бали – помірна функціональна напруга);

• від 4 до 5 балів – донозологічний стан (4 бали – виражена функціональна напруга, 5 балів – різко виражена функціональна напруга);

• від 6 до 7 балів – преморбідний стан (6 балів – перенапруга регуляторних механізмів,

• 7 балів – різко виражена перенапруга регуляторних механізмів);

• від 8 до 10 балів – зрив адаптації (8 балів – виснаження регуляторних систем, 9 балів – різко виражене виснаження регуляторних систем, 10 балів – зрив механізмів адаптації).

Залежність ФС водія від вантажу, що перевозиться.

Дослідження ФС водія відбувалось за допомогою аналізу ЕКГ. Під час проведення дослідів, реєструвалися дії водія (керування автомобілем) при транспортуванні вантажів, що відрізняються за своїми параметрами та способом перевезення. Для досліду використано систему моніторингу «Кардіосенс» – це комплекс, який може здійснювати безперервний запис ЕКГ до 72 годин на компактну флеш–карту SD/MMS. Для аналізу запису ЕКГ використано програмне середовище «КардіоЛаб». За допомогою нього можна встановити такі значення [12]:

• математичне очікування (M, rNN) – показник, який відображає кінцевий результат впливу на серцево-судинну систему в цілому;

• середньоквадратичне відхилення (δ, SDNN) – один з основних показників ВСР, який характеризує стан механізмів регуляції;

• моду (Mo) – показник, який відображає кількість R-R інтервалів, які найчастіше зустрічаються;

• варіаційний розмах (ВР, dX) – відображає різницю між найбільшим та найменшим значенням R-R інтервалів;

• амплітуду моди (АМо) – відображає частку кардіоінтервалів, які відповідають значенню моди;

• коефіцієнт варіації (CV) – нормалізована оцінка середньоквадратичного відхилення;

• спектральну потужність в діапазоні дуже низьких частот (VLF);

• спектральну потужність в діапазоні низьких частот (LF);

• спектральну потужність в діапазоні високих частот (HF).

З метою підвищення достовірності результатів, всі досліди проводились на ділянках із задовільним станом дорожнього покриття за однакових погодніх умов (сухо, хмарно) в різні періоди доби. Крім того, рух здійснювався без зупинок протягом чотирьох годин. Для аналізу вибрано сукупність результатів, що мали однаковий початковий стан водія.

Під час досліджень перевозилися наливний, генеральний та небезпечний вантажі.

Після аналізу отриманих значень, для порівняння результатів дослідів побудовано графік з кривими зміни ПАРС (рис. 1). Встановлено, що на водія у різній мірі впливають види вантажів із збільшенням тривалості його роботи.

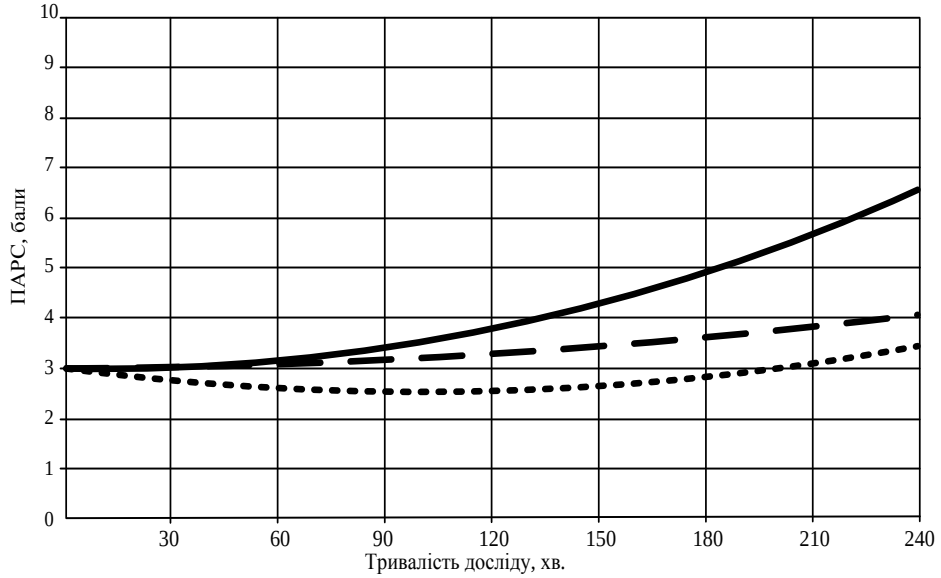


Рис.1. **Зміна ПАРС водія в залежності від виду вантажу, що перевозиться:** ——— небезпечний вантаж; – – – наливний вантаж; - - - - генеральний вантаж

© *А.О. Сотнікова*

З рис. 1 видно, що ПАРС водія при перевезенні різних видів вантажу змінюється не однаково, а саме:

- при перевезенні небезпечного вантажу ПАРС спочатку зростає поступово, а приблизно із середини маршруту – різко, значно перевищуючи норму. Це зумовлено не лише фізичною, а й психологічною втомою.
- під час транспортування наливного вантажу ПАРС зростає більш помірно у порівнянні з небезпечним вантажем. Ця зміна спричинена поступовою втомою від виконання трудової діяльності.
- при переміщенні генерального вантажу крива, яка характеризує зміну ПАРС спочатку

спадає у незначній мірі, що пояснюється звиканням водія до здійснення відповідноїроботи, а далі зростає через накопичення втоми.

Висновки

Отже, після проведення натурних досліджень було визначено рівень втоми водія, враховуючи тип вантажу. Експериментально встановлено залежності виду вантажу та ФС водія. Під час перевезення генерального вантажу спостерігається незначне зростання ПАРС і мінімальне накопичення втоми. Транспортування наливних вантажів автомобільним транспортом має свої особливості. ТЗ із напівпричепами, які призначені для перевезення рідин, піддаються відцентровій силі на поворотах. Велике поперечне зміщення вантажу постійно контролюється водієм. Це прямо впливає на рівень стомлюваності водія. При перевезенні небезпечного вантажу різка зміна показника після 90 хв. руху є цілком закономірним наслідком. Водій відчуває великий дискомфорт, що позначається на ФС та ЕКГ.

Результати цих досліджень можуть бути корисними для складання графіків роботи та відпочинку водіїв при перевезенні вантажів. Надзвичайно важливим є врахування саме виду вантажу, що транспортується. Згідно результатів досліджень, водіям, що працюють з небезпечним вантажем необхідно частіше зупинятися для відпочинку.

Література

1. Гюлев Н. У. Особенности изменения функционального состояния водителя грузового автомобиля / Н. У. Гюлев // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 1. – С. 52-55.
2. Олещенко О.М. Основи грузоведение : навчальний посібник/ О.М. Олещенко, А.Е. Горєв – Москва: Академія, 2005. – 117с.
3. Про затвердження Положення про порядок підготовки та подання інформації про вантаж для його безпечного перевезення: МТУ 497-98. – Офіц. вид. — К. Міністерство транспорту України, 1998 – 497, 12 с. – (Нормативний документ Мінтранс України, Наказ).
4. Правила перевезення наливних вантажів: МТУ 0558-03. – Офіц. вид. — К. Міністерство транспорту України, 2003 – 299, 24 с. – (Нормативний документ Мінтранс України, Наказ).
5. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»: за станом на 27 січ. 2000 р. /Верховна Рада України. –Офіц. вид.– К.: Парлам. вид-во, 2000. – 222 с.
6. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 392 с.
7. Ларіна Н.В. Логістика / Ларіна Н.В. – К. : ІЕПД НАН України, 2004. – 172с.
8. Доля В.К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах: дис. доктора техн. наук: 01.04.91 / Доля Виктор Константинович – М., 1993. – 301с.
9. Баевський Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевський, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 222 с.
10. Доля, В. К. Пасажирські перевезення : підручник / Доля В. К. – Харків: Форт, 2011. – 504 с.
11. Лихошерст Р.В. Вплив чинників технологічного процесу на стан водія - Київ. 2003
12. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / [Р. М. Баевський, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейник и др.] // Весник Аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65 – 87.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© А.О. Сотнікова

УДК 629.353:622.682

І.Б. Степанкіна
Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНО-КОНВЕЄРНОГО КОМПЛЕКСУ КАР'ЄРУ

Розроблена модель автомобільно-конвеєрного комплексу як одноканальної системи масового обслуговування, що дає можливість управління комплексом за допомогою двох керуючих впливів: коригуванням інтенсивності потоку кар'єрних самоскидів, які транспортують гірничу масу, та регулюванням інтенсивності вивантаження породи. Планується виконання математичного моделювання комплексу як многоканальної системи масового обслуговування з відмовами.

Ключові слова: *автомобільно-конвеєрний комплекс, надійність взаємодії, система масового обслуговування, канал обслуговування, заявка, відмова.*

И.Б. Степанкина
Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНО-КОНВЕЙЕРНОГО КОМПЛЕКСА КАРЬЕРА

Разработана модель автомобильно-конвейерного комплекса как одноканальной системы массового обслуживания, что дает возможность руководства комплексом при помощи двух управляющих воздействий: корректированием интенсивности потока карьерных самосвалов, которые транспортируют горную массу, и регулированием интенсивности выгрузки породы. Планируется выполнение математического моделирования комплекса как многоканальной системы массового обслуживания с отказами.

Ключевые слова: *автомобильно-конвейерный комплекс, надежность взаимодействия, система массового обслуживания, канал обслуживания, заявка, отказ.*

I. Stepankina
Kryvyi Rih National University

THE SIMULATION OF MOTOR-CAR-CONVEYER COMPLEX THE OPEN PITS'

The model of motor-car-conveyer complex is developed by author as the single-channel queuing system. This gives you the opportunity to manage the complex by means of two control actions. This is the intensity's adjustment of the mining trucks' queue and the intensity's regulation of the mountain rock's unloading. It is planned to perform the simulation of the complex as the multi-channel queuing system with refusals.

Keywords*: motor-car-conveyer complex, interaction reliability, queuing system, channel of service, request, refusal.*

Постановка проблеми. В сучасних умовах відкритий спосіб розробки корисних копалин характеризується подальшим поглибленням кар'єрів і, внаслідок цього, більш жорсткими вимогами до стабільності функціонування транспортно-технологічного комплексу.

Як показує світовий досвід, найбільш ефективними технологіями глибоких кар'єрів є циклічно-поточні (ЦПТ) [1]. При цьому найпрогресивнішою комбінованою схемою транспортування є поєднання кар'єрного автотранспорту і конвеєрного в автомобільно-конвеєрний комплекс (АКК). Результати роботи гірничо-збагачувального підприємства суттєво залежать від якості взаємодії складових АКК.

Забезпечення стабільної роботи автомобільно-конвеєрного комплексу при збільшенні жорсткості взаємозв'язків між підсистемами є важливою науково-практичною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці, які досліджували питання організації функціонування транспортного комплексу, сходяться на думці, що найважливішим є створення умов ефективної взаємодії автомобільної та конвеєрної складових на основі відповідності технічних параметрів, узгодженості продуктивності та тривалості роботи.

В роботі [2] зазначається вплив характеристик процесу розвантаження самоскидів, а саме інтенсивності автомобільного потоку, тривалості очікування, тривалості дій маневрування та загального часу розвантаження на стабільність роботи комплексу. Розроблені методи вибору раціональної організації роботи автотранспорту в періоди аварійних відмов та відновлення дробильної установки або конвеєрної системи.

У публікації [3] описана модель складної транспортної системи кар'єру, яка може бути використана для визначення закономірностей зміни її характеристик, та дозволяє вирішувати питання урахування впливу гірничотехнічних умов експлуатації, оптимізації ємності перевантажувальних складів, організації раціональної взаємодії екскаваторно-автомобільного та дробильно-конвеєрного комплексів.

© І.Б. Степанкіна

Автори робіт [4, 5] виконали моделювання транспортної системи кар'єру, результатами якого є визначення парку самоскидів та його поповнення та розрахунок техніко-економічних показників роботи.

У публікації [6] описано розроблену на основі положень теорії масового обслуговування програму автоматичних розрахунків параметрів системи. Пропонується її використання для вирішення задач оптимізації, зокрема для вибору раціональної кількості самоскидів, закріплених за одним екскаватором.

Аналіз досліджень і публікацій показав, що питанню оптимізації параметрів надійності взаємодії складових транспортної системи не приділено достатньої уваги.

Мета дослідження, постановка завдання. Метою дослідження є підвищення ефективності роботи автомобільно-конвеєрного комплексу на основі математичної моделі його функціонування, створення якої дозволить вирішити задачу обґрунтування параметрів надійності взаємодії автомобільної та конвеєрної складових комплексу.

Результати досліджень. Використання системного аналізу дозволяє виділити в автомобільно-конвеєрному комплексі дві підсистеми: 1) технологічного автотранспорту; 2) конвеєрного транспорту (з можливістю включення дробильно-перевантажувальних установок (ДПУ)).

Перша підсистема реалізує задачу транспортування заданого об'єму гірничої маси із забоїв на дробильно-перевантажувальний пункт (ДПП) у полі кар'єра. Рішення цього завдання забезпечують кар'єрні самоскиди, здійснюючи дискретну доставку. Призначення другої підсистеми полягає в тому, щоб цю гірничу масу в дробарці ДПУ довести до заданої грудкуватості та вивантажити на стрічковий конвеєр, який безперервно транспортує її до приймального бункера збагачувальної фабрики.

Математичне моделювання комплексу проводилось на основі теорії масового обслуговування. Кожна система масового обслуговування (СМО) є комбінацією певного числа каналів, що її обслуговують. В автомобільно-конвеєрному комплексі такими каналами є дробильно-перевантажувальні установки на вході конвеєрної підсистеми.

Призначення будь-якої СМО полягає в обслуговуванні потоку заявок, що надходять у деякі випадкові моменти часу. При рішенні сформульованої задачі заявками є кар'єрні самоскиди, що доставили гірничу масу до приймального бункеру ДПУ. Такий процес доставки розглядається як дискретний потік та має стохастичний характер. Крім того, тривалість обслуговування (розвантаження) самоскида на ДПУ також є величиною випадковою. Реалізація заявки – це можливість вивантаження гірничої маси зі самоскида для попереднього подрібнення та подальшого транспортування конвеєром.

При математичному моделюванні функціонування АКК потік кар'єрних самоскидів, що транспортують гірничу масу, представлений у вигляді найпростішого. Тому припускається, що інтервал часу між доставками і час розвантаження є випадковими величинами, розподіленими за показниковими законами.

В найбільш простій ситуації, яку розглянуто при моделюванні, кар'єрний самоскид доставляє гірничу масу на пункт попереднього подрібнення та за наявності вільного місця біля ДПУ розвантажується за певний час. Якщо розвантаження неможливе (за відсутності вільного місця), самоскид від'їжджає від приймального майданчика та або транспортує гірничу масу за магістральною схемою на борт кар'єру, чи вивантажується у внутрішньокар'єрний склад (бункер).

У такому випадку транспортний комплекс можна розглядати як одно канальну систему масового обслуговування з відмовами. Граф станів такої системи показано на рис.1.

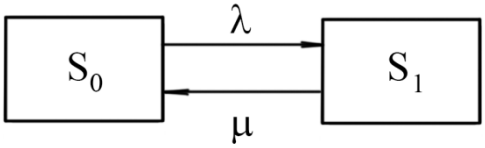


Рис. 1. **Граф одноканальної системи масового обслуговування з відмовами**

© І.Б. Степанкіна

Тут S_0 – стан системи, коли можливе пряме розвантаження кар'єрного самоскида, тобто ДПУ вільна; S_1 – стан неможливості розвантаження самоскида, тобто зайнятість ДПУ.

Дугам графа відповідають інтенсивності переходів потоків подій від першого стану до другого із значенням λ (інтенсивність потоку заявок) та зворотного з параметром μ (середнє число заявок, які обслуговує канал за одиницю часу).

Математична модель функціонування автомобільно-конвеєрного комплексу кар'єру представлена системою диференціальних рівнянь Колмогорова [7, 8]:

$$\begin{cases} \dfrac{dp_0}{dt} = -\lambda p_0 + \mu p_1; \\ \dfrac{dp_1}{dt} = -\mu p_1 + \lambda p_0, \end{cases} \tag{1}$$

де $p_0 = p_0(t)$ – ймовірність знаходження автомобільно-конвеєрного комплексу в стані S_0; $p_1 = p_1(t)$ – ймовірність знаходження АКК у стані S_1.

Крім того, повинна виконуватись умова:

$$p_0 + p_1 = 1, \tag{2}$$

яка вказує на те, що стани S_0 і S_1 утворюють повну групу подій.

Для розв'язання системи (1) необхідно скористатись умовою (2) і звести систему до одного диференціального рівняння з одним невідомим:

$$\frac{dp_0}{dt} = -(\lambda + \mu)p_0 + \mu. \tag{3}$$

Рівняння (3) є лінійним диференціальним рівнянням першого порядку. Для знаходження його загального розв'язку використовуємо метод Бернуллі, тому загальне рішення представляємо у вигляді добутку двох невідомих функцій:

$$p_0 = u \cdot v. \tag{4}$$

При підстановці виразу (4) в рівняння (3) та після виконання ряду групувань і математичних перетворень, отримуємо систему двох диференціальних рівнянь першого порядку зі змінними, що розділяються:

$$\begin{cases} \dot{v} + (\lambda + \mu)v = 0; \\ \dot{u}v = \mu, \end{cases} \tag{5}$$

де $\dot{v} = \dfrac{dv}{dt}$, $\dot{u} = \dfrac{du}{dt}$.

Перше з рівнянь системи (5) розв'язуємо розділенням змінних за умови, що інтенсивності λ та μ є сталими. Результат розв'язання має вигляд:

$$v = e^{-(\lambda+\mu)t}. \tag{6}$$

Розв'язок другого рівняння системи (5):

$$u = \frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{(\lambda+\mu)t} + C, \tag{7}$$

© І.Б. Степанкіна

де C – стала інтегрування.

Тоді загальний розв'язок рівняння (3) отримує вигляд:

$$p_0 = \left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{(\lambda+\mu)t} + C \right) e^{-(\lambda+\mu)t}. \tag{8}$$

Сталу інтегрування визначаємо за початковою умовою $p_0(t=0)=1$, тобто у початковий момент комплекс знаходився у стані S_0 (ДПУ була вільною для розвантаження самоскида):

$$C = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}. \tag{9}$$

Підстановка виразу (9) в рівняння (8) дає необхідний результат

$$p_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda+\mu)t}. \tag{10}$$

Аналогічно отримуємо другий розв'язок системи (1):

$$p_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} + \frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda+\mu)t}. \tag{11}$$

Для зручності дослідження отриманих рішень, які дозволяють визначати ймовірності знаходження АКК у кожному стані, представляємо їх у безрозмірному вигляді:

$$p_0 = \frac{1}{1+\psi}\left(\psi + e^{-(1+\psi)\theta}\right); \tag{12}$$

$$p_1 = \frac{1}{1+\psi}\left(1 + \psi e^{-(1+\psi)\theta}\right), \tag{13}$$

де $\psi = \frac{\mu}{\lambda}$ – наведена інтенсивність вивантаження самоскидом гірничої маси;

$\theta = \lambda t$ – середнє число самоскидів, що прибули на розвантаження гірничої маси.

За визначенням для одноканальної системи масового обслуговування з відмовами відносна пропускна здатність обчислюється за виразом

$$q(t) = p_0(t).$$

Абсолютна пропускна здатність має значення

$$A = \lambda q.$$

Для системи АКК абсолютну пропускну здатність знаходимо із виразу

$$A(t) = \lambda \cdot p_0(t).$$

З часом відносна та абсолютна пропускні здатності автомобільно-конвеєрного комплексу зменшуються, досягаючи асимптотичних величин, які визначаються рівностями:

$$q = \frac{\psi}{1+\psi}; \tag{14}$$

$$A = \frac{\lambda\psi}{1+\psi}. \tag{15}$$

Оскільки ймовірність відмови системи визначається за формулою $P_{відм} = 1 - q$, то враховуючи вищесказане, отримуємо:

$$P_{відм}(t) = 1 - p_0(t), \tag{16}$$

тобто із часом ймовірність відмови автомобільно-конвеєрного комплексу зростає, досягаючи асимптотичної величини, що визначається рівністю:

$$P_{відм} = \frac{1}{1+\psi}. \tag{17}$$

Висновки. Розроблена модель автомобільно-конвеєрного комплексу як одноканальної системи масового обслуговування дає можливість управління комплексом лише за допомогою двох керуючих впливів: коригуванням інтенсивності потоку кар'єрних самоскидів, які транспортують гірничу масу та регулюванням інтенсивності вивантаження породи. Для збалансованої та надійної роботи комплексу в реальних умовах експлуатації таких дій недостатньо. Для вирішення задачі та подальшого дослідження надійності взаємодії підсистем АКК планується виконати математичне моделювання комплексу як многоканальної системи масового обслуговування з відмовами.

Література

1. Яковлев В.Л. Перспективные решения в области циклично-поточной технологии глубоких карьеров / В.Л. Яковлев // Горный журнал. – 2003. – № 4-5. – С. 51-56.

2. Смирнов В.П. Теория карьерного большегрузного автотранспорта / В.П.Смирнов, Ю.И.Лель; под ред. В.Л.Яковлева. – Екатеринбург: УРО РАН, 2002. – 355 с.

3. Бахтурин Ю.А. Моделирование работы сложных транспортных систем карьеров / Ю.А.Бахтурин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 1. – С. 82-90.

4. Безлуцкий Ю.Б. Анализ результатов моделирования процессов эксплуатации транспорта глубоких карьеров Украины / Ю.Б.Безлуцкий // Разработка рудных месторождений. – 2001. – №74. – С.131-136.

5. Бояндинова А.А. Методическое обеспечение имитационного моделирования работы экскаваторно-автомобильно-конвейерного комплекса / А.А.Бояндинова, Ж.А.Адилханова // Проблемы карьерного транспорта: материалы XI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 12-14 октября 2011 г. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – С. 59-63.

6. Веретенова Т.А. Моделирование функционирования систем массового обслуживания при организации транспортных работ на карьерах / Т.А.Веретенова, В.Н.Вокин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – Т. 2, № 12. – С.88-98.

7. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.

8. Волков И.К. Исследование операций / И.К. Волков, Е.А. Загоруйко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 436 с.

Стаття надійшла в редакцію 22.04.2016

© І.Б. Степанкіна

УДК 656.053; 656.13

О.В. Степанов
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ В СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ

Стаття присвячена розгляду впливу біотехнічніх систем (БТС) на функціональний стан організму водія. Показано, що водій АТЗ в процесі своєї виробничої діяльності, змушений постійно адаптуватися до безперервно мінливих ланок комплексної системи ВАДС, що позначається на функціональному стані його організму. Виявлено та обґрунтовано необхідність постійного контролю його функціонального стану, для чого і створюються різні БТС. У цілях безпеки автотранспорту та дорожнього руху, для зняття психофізіологічного напруження та оптимізації функціонального стану водія автором пропонується створити модель БТС, яка контролює функціонування стан водія та стимулює його роботу. Головне достоїнство запропонованої моделі – у разі критичних показників функціонального стану водія, БТС у автоматичному режимі видає команди на включення аварійної світлової і звукової сигналізації для інформування інших учасників дорожнього руху та задіює примусове гальмування й зупинку АТЗ з видачею інформації по каналу зв'язку спеціальним службам.

Ключові слова: *водій, функціональний стан, безпека, автотранспорт, біотехнічні системи.*

А.В. Степанов
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА

Статья посвящена рассмотрению влияния биотехнических систем (БТС) на функциональное состояние организма водителя. Показано, что водитель АТС в процессе своей производственной деятельности, вынужден постоянно адаптироваться к непрерывно меняющимся звеньям комплексной системы ВАДС, что сказывается на функциональном состоянии его организма. Выявлена и обоснована необходимость постоянного контроля функционального состояния водителя. В целях повышения безопасности автотранспорта и дорожного движения, а также для снятия психофизиологического напряжения и оптимизации функционального состояния водителя автором предлагается создать модель БТС, которая контролирует функциональное состояния водителя и стимулирует его работу. Главное достоинство предложенной модели, в случае критических показателей функционального состояния водителя, - это выдача в автоматическом режиме команды на включение аварийной световой и звуковой сигнализации для информирования других участников дорожного движения и задействование принудительного торможения и остановки АТС с выдачей информации по каналу связи специальным службам.

Ключевые слова*: водитель, функциональное состояние, безопасность, автотранспорт, биотехнические системы.*

A.V. Stepanov
Kharkiv National Automobile and Highway University

MODEL OF OPTIMIZATION OF A DRIVER`S OPERATIONAL STATE IN THE VEHICLE SECURITY SYSTEM

The article considers the influence of biotechnical systems (BTS) on the operational state of the driver's body. It is shown that the driver of a vehicle, in the process of production activity, has to adapt constantly to the ever-changing links of a complex driver-automobile-road-evironment system, which affects the functional state of the organism. The need of a constant control of a driver`s operating state is revealed and substantialed. In order to improve automobile and traffic safety as well as to remote psycho-phisiological stress and to optimize a driver`s operational state, the auther offers to create a BTS, controlling a driver`s operational state and stimulating his/her work. The main advantage of this model in the case of critical indices of a driver`s operational state consists in automatically instructing to turn on acoustic and warning lights signals in order to inform other road users and in enabling the vehicle to slow down and to stop, informing the special services using a communication channel.

Keywords: *driver, operational state, safety, transport, biotechnical system.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах підвищення безпеки автотранспорту і дорожнього руху можна забезпечити лише через дослідження всієї комплексної системи «Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище» (ВАДС), причому, як показує аналіз статистики дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), головну роль в забезпеченні надійної роботи системи грає роль людського фактора. Схема взаємодії окремих факторів всередині всього комплексу системи ВАДС досить складна, так як сполучною ланкою між ними виступає людина, як учасник дорожнього руху.

Особливістю дорожніх досліджень є поєднання вирішення суто інженерних, технічних завдань з вивченням психофізіології сприйняття дорожньої обстановки учасниками дорожнього

© О.В. Степанов

руху. В якості основних положень, що забезпечують надійність досліджень, даний метод дозволяє отримати дані, які адекватно відображають процес сприйняття дорожньої обстановки водієм автотранспорту (АТЗ). Тобто при роботі за кермом водій АТЗ постійно сприймає великий обсяг інформації про характер і режим руху всіх учасників дорожнього руху. Весь процес від сприйняття до вчинення дії вимагає певної психофізіологічної напруги водія, що в кінцевому підсумку змінює його функціональний стан та впливає на безпеку автотранспорту і дорожнього руху.

Проблеми «людського фактора в дорожньому русі» та безліч методів і підходів до оцінки функціонального стану організму людини в своїх різнопланових працях розглядали А. Ю. Буров, Г. І. Вольпер, В. Г. Волков, Е. В. Гаврилов, Ю. О. Давідіч, Я. В. Крушельницька, А. П. Лопатін, В. Д Липанов, М. П. Мустецов, Г. А. Платонов, М. А. Файнберг, Ю. П. Федюнін, А. В. Чеглоков та багато інших. Ними доведено, що більшість фізіологічних процесів, що відбуваються в людському організмі пов'язані між собою і впливають один на одного. При цьому, функціональний стан організму водія – комплексна багатокомпонентна характеристика функціональних систем організму, які прямо або побічно взаємодіють при виконанні діяльності [2, 4, 5, 8, 9, 10,].

Постановка задачі. У цілях безпеки автотранспорту та дорожнього руху розробити модель БТС оптимізації функціонального стану водія.

Результати досліджень. Під час вивчення цієї тематики ми будемо виходити з умови, що безпека АТЗ в системі ВАДС – це такий стан системи ВАДС, коли дія зовнішніх і внутрішніх факторів, а також людського фактора не призводить до погіршення всієї системи або до виникнення ДТП.

Доведено, що за статистикою багато ДТП відбувається через зниження функціонального стану водія АТЗ. Тобто водій АТЗ в процесі своєї виробничої діяльності, для контролю функціонального стану свого організму, змушений постійно адаптуватися до безперервно мінливих ланок комплексної системи ВАДС. Під функціональним станом організму будемо розуміти стан живої системи, який визначає рівень життєдіяльності організму, системну відповідь на фізичне навантаження, і дає змогу оцінити рівень адаптації організму до навколишнього середовища і до поставлених йому задач [5].

Особливістю такої адаптації, що відрізняє водія від біологічних об'єктів інших видів, є його властивість змінюватися під впливом середовища системи ВАДС, а за допомогою різноманітних засобів створювати умови забезпечення збереження гомеокінеза на всіх системно-структурних рівнях його організму. Для цих цілей створюються різні біотехнічні системи (БТС) – складні системи, що включають біологічні і технічні підсистеми, які функціонують спільно для досягнення загальної мети [1]. При цьому важливе місце займають БТС медичного призначення в системі «Людина – Машина», які іноді звані БТС технічної орієнтації, або людино-машинними комплексами, які дозволяють найкращим способом узгодити і використовувати можливості людини для управління технічними пристроями, а також системи медико-біологічної орієнтації (інженерно-фізіологічні системи), призначені для створення і підтримки певних умов функціонування організму, окремих фізіологічних систем або органів [8]. Прогрес в конструюванні і застосуванні БТС біомедичного напрямку обумовлений як досягненнями біології, фізіології та кібернетики в розумінні суті життєвих процесів, так і успіхами мікроелектроніки та комп'ютерної техніки як засобів використання накопичених знань для медичних цілей [6].

Слід зазначити, що правильне поєднання здібностей людини і можливостей машини істотно підвищує ефективність систем «Людина – Машина» і обумовлює оптимальне використання людиною технічних засобів відповідно до їх призначення. Під оптимізацією (від лат. *optimum* – найкраще), розуміється процес знаходження екстремуму певної функції або вибору найкращого (оптимального) варіанту з безлічі можливих. Найбільш надійним способом знаходження найкращого варіанту є порівняльна оцінка всіх можливих варіантів (альтернатив). Стосовно до людського фактора в системі ВАДС – то це підтримка психофізиологічної активності організму водія в інтервалах від нормального стану до стану психологічного стресу.

Відомо, що стан хвороби людини характеризується порушенням біохімічних процесів у клітинах, що супроводжується нестійким режимом регулювання функціональних систем організму і який можна контролювати за допомогою біологічно активних точок (БАТ), наприклад, вушна акупунктура [7]. У зв'язку з чим, БТС можна розділити на системи, що відновлюють функції цілісного організму, і системи, що підтримують життєдіяльність окремих систем і органів. Серед перших можна виділити системи корекції інформаційних потоків, допоміжні системи і системи управління природними органами, технічні пристрої і апарати, які замінюють природні

© О.В. Степанов

органи і системи. Найбільший прогрес досягнутий в області розроблення систем, що викликають відчуття, за допомогою стимулювання закінчень нерва фокусированним ультразвуком або електричним струмом. У цьому випадку створення систем оптимізації функціонального стану людини за допомогою технічних засобів візуалізації інформації ведеться на принципах біологічного зворотного зв'язку [4].

Аналіз БТС медичного призначення показує, що серед трьох основних компонентів – людина, лікар-діагност і медичні технічні засоби (МТС), найбільшим змінам піддаються останні. Так, застосування електроніки, комп'ютерної техніки у медичних цілях дозволило, спочатку, кількісно оцінювати функціональний стан людини через об'єктивізацію процесу постановки діагнозу [3], а потім, через БАТ, дозовано впливати на органи і системи людини в залежності від їх функціонального стану [6, 7, 10].

Тобто ми повинні розглянути концепцію підходу до людського фактора в техніці – характеристики людини і машини, що виявляються в конкретних умовах їх взаємодії в системі «Людина – Машина», функціонування якої визначається досягненням поставленої мети. Людський фактор має відношення перш за все до безпосередньої діяльності людини, що при правильному поєднанні здібностей людини і можливостей машини істотно підвищує ефективність систем «Людина – Машина» і обумовлює оптимальне використання людиною технічних засобів відповідно до їх призначення [4–8, 10]. Щодо системи ВАДС, спрощено, можна вважати, що в термінах функціонування організм водія АТЗ може перебувати в двох станах: у стані психофізіологічної активності (здоров'я) або в стані псохологичного стресу (хвороби) [1, 9].

У цілях безпеки автотранспорту та дорожнього руху в системі ВАДС, для зняття психофізіологічного напруження та оптимізації функціонального стану водія пропонується використовувати БТС, яка контролює функціонування стан водія та стимулює його роботу. В основу моделі БТС поставлено завдання – вдосконалити систему контролю функціонального стану водія системи ВАДС у транспортному процесі та в автоматичному режимі здійснювати підтримку оптімального функціонального стану водія в спокої або русі.

Розглянемо авторську модель БТС оптимізації функціонального стану водія (ОФСВ). Поставлена задача вирішується за рахунок того, що БТС, як система, що полегшує оптимальний функціональний стан водія, включає об'єкт контролю, блок збору первинної інформації діагностування, інформаційно-аналітичний блок. Блок збору первинної інформації виконаний у вигляді мініатюрного приладу, що кріпиться за вухом водія, в який вмонтований блок реєстрації показань БАТ з блоком живлення та блоком передачі даних по радіоканалу до інформаційно-аналітичного блоку управління і функціональної діагностики, що складається з аналізатора відхилень показань БАТ, підсилювача біопотенціалів водія з блоком живлення, блоку пам'яті, блоку сигналізації, який пов'язаний з інформаційно-виконавчим блоком, що складається з блоку рекомендацій, який видає команди: на зупинку АТЗ; включення аварійної сигналізації; повідомлення по каналу стільникового зв'язку спеціальним службам.

Шляхом введення до складу БТС приладу для зняття інформації з біологічно активних точок, інформаційно-аналітичного блоку управління і функціональної діагностики, які мають електронний зв'язок між собою (прямий зв'язок), забезпечується отримання більш детальної інформації про функціональний стан водія та в автоматичному режимі, за рахунок підсилювача біопотенціалів водія, здійснюється підтримка оптимального функціонального стану водія в спокої або русі (обратний зв'язок).

ОФСВ в системі безпеки автотранспорту контролює психофізиологічну активність організму водія через БАТ в інтервалах від нормального стану до стану психологічного стресу за рахунок дискретизації вимірюваних величин і керуючих впливів (прямий св'язок), а в разі перевищення допустимої норми показників БАТ система, за допомогою блока підсилювача біопотенціалів водія, нормалізує фізиологічний стан водія (зворотний св'язок). Додатково, в разі критичних показників БАТ, які аналізуються блоком пам'яті, система автоматично видає команди для включення виконавчих пристроїв безпеки: аварійна світлова та звукова сигналізація для інформування інших учасників дорожнього руху; примусове гальмування і остановка АТЗ; видача інформації по каналу зв'язку спеціальним службам (рис. 1).

© О.В. Степанов

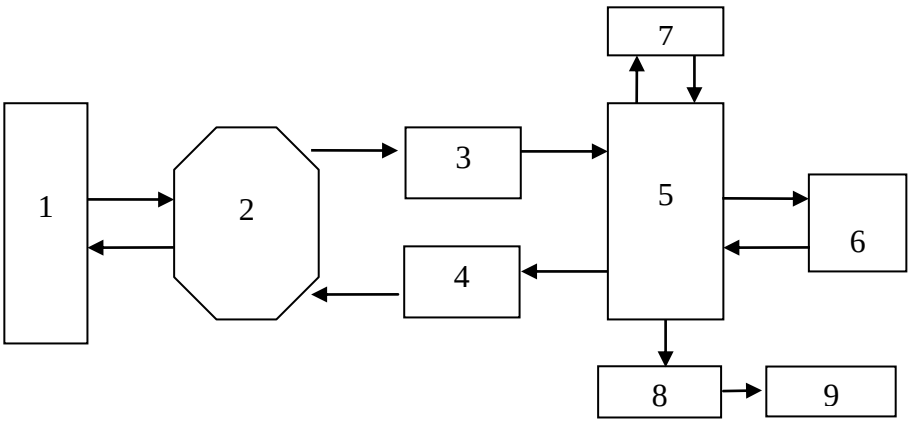


Рис. 1. **Блок-схема БТС, що полегшує оптімальний функціональний стан водія АТЗ, де: 1 – водій АТЗ, объект контролю; 2 – мініатюрний прилад, який кріпиться за вухом водія для зняття інформації з біологічно активних точок (вушна акупунктура); 3 – засоби діагностики; 4 – засоби впливу; 5 – інформаційно-аналітичний блок управління і функціональної діагностики; 6 – підсилювач біопотенціалів водія; 7 – блок пам'яті; 8 – блок сигналізації; 9 – інформаційно-виконавчий блок.**

ОФСВ автотранспорту працює таким чином. Блок збору первинної інформації з біологічно активних точок 2, об'єкта контролю 1, на підставі даних аналізаторів діагностики 3 по каналу телеметричного зв'язку передає інформацію інформаційно-аналітичному блоку управління і функціональної діагностики 5 де показання діагностування накопичуються, обробляються, аналізуються і порівнюються з блоком пам'яті 7 нормального функціонального стану водія, знятого до початку роботи водія. При наявності відхилень від показників нормального функціонального стану водія, інформація надходить на інформаційно-аналітичний блок 5 де, для нормалізації функціонального стану водія 1, приймається рішення про включення підсилювача біопотенціалів водія 6 через засоби впливу вушної акупунктури 4 на біологічно активні точки 2. У разі критичних показників функціональної діагностики біологічно активних точок 2, інформаційно-аналітичний блок 5 у автоматичному режимі видає команди на включення аварійної світлової та звукової сигналізації 8 для інформування інших учасників дорожнього руху та задіює інформаційно-виконавчий блок 9 на примусове гальмування і зупинку АТЗ з видачею інформації по каналу зв'язку спеціальним службам (диспетчеру АТП, службі медичної допомоги «03» та службі «102»).

Висновок. Запропонована модель оптимізації функціонального стану водія в системі безпеки автотранспорту є мобільною, дозволяє в процесі експлуатації АТЗ при дії зовнішніх і внутрішніх факторів, у безперервному режимі, контролювати функціонування стану водія, а при необхідності оптимізувати стан водія, тим самим забезпечити безпеку автотранспорту та дорожнього руху, що значно знижує ймовірність ДТП.

Література

1. Биотехнические системы: Теория и проектирование. Учеб. пособие / В. М. Ахутин, А. П. Немирко, Н. Н. Першин и др. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. — 220 с.

2. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч, Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. — Х.: ХНАМГ, 2010. — 345 с.

3. Декларац. патент № 65068 А Україна, МПК А 61 В5/00, А 61 В5/053. Спосіб вимірювання електричних параметрів живих тканин / В. О. Ярута (Україна). – № 2003054717; Заявл. 26.05.03; Опублік. 15.03.04, Бюл. № 3.

4. Липанов В. Д. Комплексный подход к измерению электрофизиологических параметров в биологически активных точках при построении автоматизированной биотехнической системы / В. Д Липанов, В. А. Ярута // 5-й Междунар. молодёж. форум "Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке", Харьков, 24–26 апр. 2001 г.: Сб. науч. тр.: В 2 ч. — Харьков: ХТУРЭ, 2001. — Ч. 2.— С. 280–281.

5. Маліков М. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Маліков М. В., Сватьєв А. В., Богдановська

© О.В. Степанов

Н. В. — Запоріжжя: 2006.р — 227 с.

6. Микрокомпьютерные медицинские системы, под ред. У. Томпкинса и Дж. Уэбстера, пер. с англ., М., 1983;

7. Методика електропунктурної діагностики та медикаментозного тестування по модифікованій методиці Фолля на приладах серії «Медіса»: Методичні рекомендації / Уклад. В. В. Пінчук; Утвердж. в.о. начальника голов. упр. орг. мед. допомоги населенню МОЗ України 23.10.00. — Сімферополь: КГМУ, 2000. — 40 с.

8. Мустецов Н. П. Биотехнические электронные системы: Учеб. пособие / М. П. Мустецов. — Харьков: ХТУРЭ, 2001. — 168 с.

9. Нормальная физиология: Курс физиологии функциональных систем / Под ред. К. В. Судакова. — М.: Мед. информ. агентство, 1999. — 718 с.

10. Чеглоков А. В. Рефлексодиагностика психофизиологического состояния (ПФС) человека: науч.-метод. Пособие / А. В. Чеглоков, В. Г. Иванов. — Харьков: Основа, 2000. — 62 с.

Стаття надійшла в редакцію 28.04.2016

© О.В. Степанов

УДК 629.3.017

О.І. Туренко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОЦІНКА КЕРОВАНОСТІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПРИ СЛУЖБОВИХ ГАЛЬМУВАННЯХ НА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПРЯМОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ ДОРОГИ

Проведено дослідження впливу розподілу гальмівних сил між осями на максимальну величину реалізуємого кутового прискорення легкового автомобіля в площині дороги при невеликих відхиленнях направляючих коліс від нейтрального положення в процесі службового гальмування.

Ключові слова: *коефіцієнт розподілу гальмівних сил, коефіцієнт стійкості, гальмівна сила, службове гальмування, сповільнення.*

А.И. Туренко
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ СЛУЖЕБНОМ ТОРМОЖЕНИИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГИ

Проведено исследование влияния распределения тормозных сил между осями на максимальную величину реализуемой углового ускорения легкового автомобиля в плоскости дороги при небольших отклонениях направляющих колес от нейтрального положения в процессе служебного торможения.

Ключевые слова: *коэффициент розподилугальмивних сил, коэффициент устойчивости, тормозная сила, служебное торможение, замедление.*

O.I. Turenko
Kharkiv National Automobile and Highway University

EVALUATION OF PASSENGER CARS CONTROLLABILITY IN SERVICE BRAKE MODE ON THE HORIZONTAL STRAIGHT SECTIONS OF THE ROAD

This paper describes the influence of brake force distribution between the axles for maximum realizable value of the angular acceleration of the car in the plane road with small deviations of the guide wheel from the neutral position in the service brake mode.

Keywords: *coefficient of brake forces distribution, stability coefficient, braking force, service brake mode, deceleration.*

Постановка проблеми. Розвиток конструкцій антиблокувальних систем (ABS) і систем динамічної стабілізації курсового кута (ESP) дозволив вирішити задачу забезпечення стійкості і керованості автотранспортних засобів (АТЗ) при екстрених гальмуваннях. Проте, при службових гальмуваннях, що відбуваються при невеликих сповільненнях АТЗ, системи ABSi ESPможуть не приймати участі в роботі по забезпеченню стійкості і керованості.Крім цього, у існуючій літературі недостатньо уваги приділено дослідженню питання оцінювання впливу розподілу гальмівних сил між осями на керованість АТЗ при службових гальмуваннях.

Слід розділяти керованість автомобіля при прямолінійному і криволінійному русі. Керованість автомобіля при гальмуванні на повороті розглядалась в роботі [1], а в роботі [2] досліджувався вплив параметрів рульового керування на стійкість автомобіля при гальмуванні. Стійкість автомобіля при криволінійному русі, як відомо [3] є однією із складових властивостей комплексного показника – керованості.

Стійкість і керованість автомобіля при прямолінійному русі визначається граничними по зчепленню боковими силами на колесах передньої і задньої осей. При умові забезпечення стійкості задньої вісі автомобіля проти бокового зміщення, гранична бокова сила на колесах передньої вісі визначає граничне кутове прискорення автомобіля в площині дороги при повороті направляючих коліс на невеликий кут від свого нейтрального положення. В роботі [4] запропоновано використовувати указане кутове прискорення в якості критерію керованості, а також визначені граничні величини сумарних бокових сил на колесах передньої і задньої осей

$$P_{\delta 1} = R_{\delta 1} = m_a \sec\bar{\alpha}\left(tg\bar{\alpha}\frac{b^2 + i_z^2}{L^2}\frac{dV_a}{dt} + V_a^2\frac{b}{L^2}tg\bar{\alpha} + V_a\frac{b^2 + i_z^2}{L^2\cos^2\bar{\alpha}}\frac{d\bar{\alpha}}{dt}\right) - R_{k1}tg\bar{\alpha}\,; \qquad (1)$$

$$P_{\delta 2} = R_{\delta 2} = m_a\left(tg\bar{\alpha}\frac{ab - i_z^2}{L^2}\frac{dV_a}{dt} + V_a^2\frac{a}{L^2}tg\bar{\alpha} + V_a\frac{ab + i_z^2}{L^2\cos^2\bar{\alpha}}\frac{d\bar{\alpha}}{dt}\right) - R_{k1}tg\bar{\alpha}\,, \qquad (2)$$

© О.І. Туренко

де $P_{\delta 1}$, $P_{\delta 2}$ − сумарні бокові реакції на колесах передньої і задньої осей;

$R_{\delta 1}$, $R_{\delta 2}$ − сумарні бокові реакції дороги на колесах передньої і задньої осей;

$\overline{\alpha}$ − середній кут повороту направляючих коліс;

m_a − маса автомобіля;

a, b − відстань від передньої і задньої осей до проекції центру мас на горизонтальну площину;

i_z − радіус інерції автомобіля відносно вертикальної вісі;

L− база автомобіля;

V_a − лінійна швидкість автомобіля.

Стійкість і керованість автомобіля при малих коливальних відхиленнях направляючих коліс від нейтрального положення розглянуті в роботах [5, 6]. Проте у відомих дослідженнях [1-6] не розглянута керованість двовісного автомобіля при службових гальмуваннях і малих відхиленнях направляючих коліс від нейтрального положення.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розробка методу оцінки керованості двовісних автомобілів при службових гальмуваннях на горизонтальних прямолінійних ділянках дороги.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

− визначити граничні по зчепленню сумарні бокові реакції на колесах передньої і задньої осей;

− визначити граничні по умові збереження стійкості і керованості кутові прискорення автомобіля в площині дороги, що реалізуються при різних величинах сповільнення.

Визначення граничних по зчепленню сумарних бокових сил. Стійкість автомобіля при гальмуванні є важливою експлуатаційною властивістю, що забезпечує безпеку руху. Курсова стійкість повинна зберігатися при будь-якому режимі гальмування автомобіля, але, навіть, при гальмуванні на прямолінійній горизонтальній ділянці дороги може виникнути необхідність зміни курсового кута автомобіля при об'їзді перешкоди або ями на дорозі. В цьому випадку автомобіль при збереженні необхідних показників стійкості повинен володіти необхідним рівнем показників керованості. Для того, щоб реалізувати вищезазначені умови необхідно при $k_{ст}\geq 1$ забезпечити запас по зчепленню передніх коліс з дорогою такий, щоб виконати маневр без бічного ковзання передніх коліс.

У рівняннях (1) і (2)

$$\frac{b^2+i_z^2}{L^2}tg\overline{\alpha}\frac{dV_a}{dt}+\frac{b^2+i_z^2}{L^2\cos^2\overline{\alpha}}\sec\overline{\alpha}\frac{d\overline{\alpha}}{dt}=\frac{b^2+i_z^2}{L^2}\frac{d\omega}{dt}=\frac{b^2+i_z^2}{L^2}\varepsilon_z, \tag{3}$$

де ω_z, ε_z – кутові швидкість і прискорення автомобіля в площині дороги.

З урахуванням того, що тягова сила P_{k1}=-P_{T1} і рівняння (3), вирази (1) і (2) будуть мати вид

$$P_{\delta 1}=R_{\delta 1}=m_a\sec\overline{\alpha}\left(\frac{b^2+i_z^2}{L^2}\frac{d\omega_z}{dt}+\frac{b}{L^2}V_a^2\operatorname{tg}\overline{\alpha}\right)+P_{T1}\operatorname{tg}\overline{\alpha}; \tag{4}$$

$$P_{\delta 2}=R_{\delta 2}=m_a\left(\frac{ab-i_z^2}{L^2}\frac{d\omega_z}{dt}+\frac{a}{L^2}V_a^2\operatorname{tg}\overline{\alpha}\right). \tag{5}$$

де P_{T1} − сумарна бокова сила на колесах передньої вісі.

Розглядаючи невимушений (початковий) прямолінійний рух автомобіля, приймаємо $\overline{\alpha}=0$. У цьому випадку рівняння (4) і (5) спростяться

$$R_{\delta 1}=m_a\frac{b^2+i_z^2}{L^2}\frac{d\omega_z}{dt}=m_a\varepsilon_z\frac{b^2+i_z^2}{L^2}; \tag{6}$$

$$R_{\delta 2}=m_a\frac{ab-i_z^2}{L^2}\frac{d\omega_z}{dt}=m_a\varepsilon_z\frac{ab-i_z^2}{L^2}. \tag{7}$$

Кутове прискорення ε_z є критерієм керованості автомобіля [4], тому визначимо кутове прискорення в залежності від бічної сили на передній осі (із рівняння (6))

© О.І. Туренко

$$\varepsilon_z = \frac{L^2}{b^2 + i_z^2} \frac{R_{\delta 1}}{m_a}. \quad (8)$$

При русі передніх коліс з реалізацією граничних сил зчеплення справедливо співвідношення

$$R_{\delta 1 max} = \sqrt{\varphi^2 R_{z1}^2 - \beta^2 P_T^2}, \quad (9)$$

де $R_{\delta 1 max}$ – гранична по зчепленню сумарна бокова сила на передніх колесах;
P_T – гальмівна сила автомобіля;
β – коефіцієнт розподілу гальмівної сили на передню вісь, $\beta = P_{T1}/P_T$.
З урахуванням виразу

$$R_{z_1} = m_a g \left[\frac{b}{L} + \beta \frac{j_x}{g} \frac{h - r_{д1}}{L} + (1 - \beta) \frac{j_x}{g} \frac{h - r_{д2}}{L} \right], \quad (10)$$

де r_{d1},r_{d2} – динамічні радіуси передніх і задніх коліс;
j_x – сповільнення автомобіля;
g – прискорення вільного падіння, g=9,81 м/с^2.
рівняння (9) при(r_{d1}=r_{d2}=r_d)буде мати вид

$$R_{\delta 1 max} = \sqrt{\varphi^2 \left(\frac{b}{L} + \frac{j_x}{g} \frac{h - r_д}{L} \right)^2 m_a^2 g^2 - m_a^2 j_x^2 \beta^2}, \quad (11)$$

або

$$R_{\delta 1 max} = m_a g \sqrt{\varphi^2 \left(\frac{b}{L} + \frac{j_x}{g} \frac{h - r_д}{L} \right)^2 - \beta^2 \frac{j_x^2}{g^2}}. \quad (12)$$

Визначення граничних кутових прискорень. Рівняння (8) при $R_{\delta 1}$=$R_{\delta 1 max}$ (див. залежність (12)) перетвориться до наступного вигляду

$$\varepsilon_{z1} = \frac{gL}{b^2 + i_z^2} \sqrt{\varphi^2 \left(\frac{b}{L} + \frac{j_x}{g} \frac{h - r_д}{L} \right)^2 - \beta^2 \frac{j_x^2}{g^2}}, \quad (13)$$

де ε_{z1}– граничне кутове прискорення автомобіля за умови зчеплення передніх коліс автомобіля з дорогою.

З рівняння (13) видно, що величина ε_{z1} має дійсні значення при невід'ємному значенні підкореневого виразу. Автомобіль володіє керованістю при ε_{z1}>0. Це можливо у випадку

$$\frac{j_x}{g} \le \frac{\varphi \frac{b}{L}}{\beta - \varphi \frac{h - r_д}{L}}. \quad (14)$$

При реалізації граничних сил зчеплення на колесах задньої осі автомобіля

$$R_{\delta 2 max} = \sqrt{\varphi^2 R_{z2}^2 - (1 - \beta)^2 P_T^2}. \quad (15)$$

де $R_{\delta 2 max}$ – гранична по зчепленню сумарна бічна сила на задніх колесах.
З урахуванням виразу

$$R_{z_2} = m_a g \left[\frac{a}{L} + \beta \frac{j_x}{g} \frac{h - r_{д1}}{L} - (1 - \beta) \frac{j_x}{g} \frac{h - r_{д2}}{L} \right] \quad (16)$$

© О.І. Туренко

при $r_{d1}=r_{d2}=r_d$ рівняння (15) буде мати вид

$$R_{\delta 2max}=\sqrt{\varphi^2\left(\frac{a}{L}-\frac{j_x}{g}\frac{h-r_д}{L}\right)^2 m_a^2 g^2-m_a^2 j_x^2\left(1-\beta\right)^2}\,, \tag{17}$$

або

$$R_{\delta 2max}=m_a g\sqrt{\varphi^2\left(\frac{a}{L}-\frac{j_x}{g}\frac{h-r_д}{L}\right)^2-\left(1-\beta\right)^2\frac{j_x^2}{g^2}}\,. \tag{18}$$

З рівняння (7) визначимо кутове прискорення в функції сумарної бічної сили на задній вісі

$$\varepsilon_z=\frac{L}{ab^2-i_z^2}\frac{R_{\delta 2}}{m_a}, \tag{19}$$

Після підстановки (18) в (19) визначимо граничне по умові зчеплення задніх коліс з дорогою кутове прискорення автомобіля

$$\varepsilon_{z2}=\frac{gL}{ab^2-i_z^2}\sqrt{\varphi^2\left(\frac{a}{L}-\frac{j_x}{g}\frac{h-r_д}{L}\right)^2-\left(1-\beta\right)^2\frac{j_x^2}{g^2}}\,, \tag{20}$$

Величина ε_{z2} має дійсні значення і автомобіль володіє керованістю при виконанні умови $\varepsilon_z>0$. Це можливо у випадку

$$\frac{j_x}{g}\le\frac{\varphi\dfrac{a}{L}}{1-\left(\beta-\varphi\dfrac{h-r_д}{L}\right)}\,. \tag{21}$$

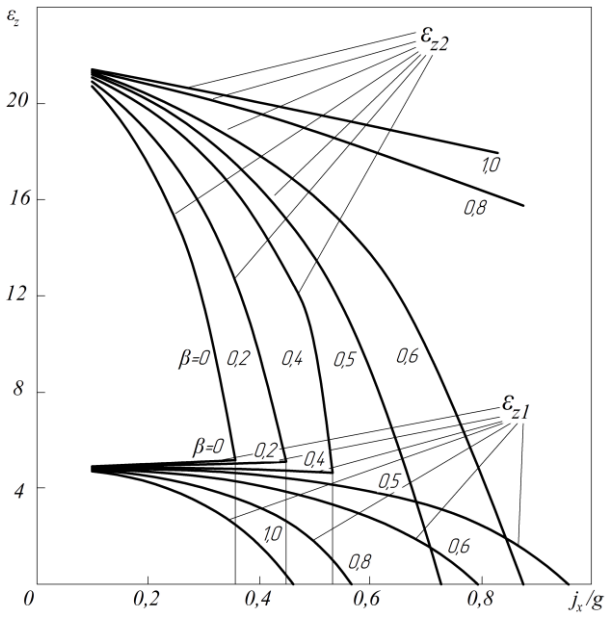


Рис. 1. **Залежність $\varepsilon_{z1}\left(\beta;\frac{j_x}{g}\right)$ і $\varepsilon_{z2}\left(\beta;\frac{j_x}{g}\right)$ для умовного автомобіля при φ=0,8; *a*=*b*=1 м; *h*=0,5 м; *B*=1,3 м; i_z=0,8 м**

Автомобіль буде керованим при службових гальмуваннях якщо $\varepsilon_{z1}>0$ і $\varepsilon_{z2}>0$. При цьому автомобіль стійкий у випадку

$$\varepsilon_{z2}-\varepsilon_{z1}>0\,. \tag{22}$$

© О.І. Туренко

При виконанні нерівності (22) оцінку керованості автомобіля (за умовою реалізації граничних сил зчеплення на колесах передньої вісі) можливо здійснити за допомогою співвідношення (13).

Після підстановки рівнянь (13) і (20) в нерівність (22) і перетворень отримаємо умову, виконання якої свідчить про збереження автомобілем стійкості при службових гальмуваннях. У цьому випадку $k_{зб} \le k_{ст}$. На рисунку 1 представлені графіки, що ілюструють результати розрахунку параметрів ε_{z1} і ε_{z2}для умовного автомобіля (a=b=1 м; L=2 м; B=1,3 м; r_d=0,3 м; h=0,5 м; i_z=0,8 м).

Висновки. Аналіз результатів розрахунків, наведених на графіках (рисунок 1) дозволяє зробити наступні висновки:

– при всіх дійсних значеннях кутового прискорення виконується умова (22);

– найбільше відносне прискорення j_x/g=0,7умовний автомобіль розвиває при β=0,6; при цьому початкове кутове прискорення при маневрі в процесі службового гальмування може становити ε_{z1}=2,12 с$^{-2}$, а автомобіль збереже стійкість;

– максимальне відносне прискорення j_x/g=0,3умовний автомобіль може розвинути при будь-якому значенні коефіцієнту розподілу гальмівної сили на передню вісьβ, що знаходиться в межах [0; 1]; при цьому кутове прискорення автомобіля знаходиться в межах від ε_{z1}=3,58 с$^{-2}$ до 5,02 с$^{-2}$;

– максимальне кутове прискорення ε_{z1}=5,08 с$^{-2}$ умовний автомобіль розвиває при β=0,2 і j_x/g=0,4;

− гальмування умовного автомобіля тільки задніми колесами (β=0) дозволяє забезпечити ε_{z1}=5,07 с$^{-2}$ приj_x/g=0,3, а тільки передніми – ε_{z1}=3,58 с$^{-2}$і ε_{z1}=1,95 с$^{-2}$ приj_x/g=0,4.

Література

1. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / [Б. Б. Генбом, Г. С. Гудз, В. А. Демьянюк и др. ; под ред. Б. Б. Генбома] – Львов : Вища школа, 1974. – 234 с.

2. Железнов Е. И. Исследование влияния параметров рулевого управления на устойчивость автообиля при торможении : дис. … канд. техн. наук : 05.05.03 / Железнов Евгений Иванович. – Волгоград, 1979. – 156 с.

3. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я.Х. Закин. – М. : Транспорт, 1986. – 136 с.

4. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый, А. А. Бобошко; Под ред. М. А. Подригало]. – Х. : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с.

5. Подригало М. А. Устойчивость автомобиля при малих случайных отклонениях управляемых колес от нейтрального положения / М. А. Подригало, А. А. Бобошко, Ю. В. Тарасов и др. // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. Науково-виробничий збірник ДНТУ. – 2008. – № 2 (7). – С. 5-13.

6. Подригало М. А. Оценка управляемости грузового автомобиля при малых отклонениях управляемых колес от нейтрального положення / М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – 2012. – Вип. 124 Том 2. – С. 95-103.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© О.І. Туренко

УДК 656.073.7:721

М.О. Турченюк, М.Д. Швець, О.Г. Кірічок
Національний університет водного господарства та природокористування

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЕСТЕТИЧНОГО ОФОРМЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ СКЛАДСЬКИХ РЕГІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ЇХ ПРИМІЩЕНЬ

У статті наводяться основні вимоги до ефективного функціонування складського комплексу, естетичного оформлення об'єктів малої архітектури та основних приміщень складу.

Ключові слова:*складські приміщення, складський комплекс, об'єкти малої архітектури, майданчики для відпочинку.*

Н.А. Турченюк, Н.Д. Швец, А.Г. Киричок
Национальный университет водного хозяйства и природопользования

СОВРЕМЕННЫЕПОДХОДЫ К ЭСТЕТИЧЕСКОМУ ОФОРМЛЕНИЮ ТЕРРИТОРИИ СКЛАДСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ПОМЕЩЕНИЙ

В статье приводятся основные требования к эффективному функционированию складского комплекса, эстетического оформления объектов малой архитектуры и основных помещений склада.

Ключевые слова: *складские помещения, складской комплекс, объекты малой архитектуры, площадки для отдыха.*

M. Turcheniuk, M. Shvets, O. Kirichok
National University of Water Management and Nature

NEW APPROACHES TO AESTHETIC DESIGN OF TERRITORY REGIONAL STORAGE SYSTEMS AND THEIR PREMISES

Basic requirements for the effective functioning of the warehouse complex, aesthetic design of small architecture objects and the basic premises are stated in the article.

Keywords: *warehouses, warehouse complex, small architecture objects, areas for recreation.*

Постановка проблеми. Сучасний склад – це складний механізм з високими показниками продуктивності та якості робіт, що на ньому виконуються. Вимоги до кадрів складу сьогодні пред'являються все більш високі. Робітник ефективно функціонуючого складу – це людина з особистою відповідальністю, кваліфікований та дисциплінований. У свою чергу, і кадри висувають високі вимоги до підприємства, на якому їм належить проводити значну частину часу. Перерахованими вище якостями володіє, як правило, людина, яка, в першу чергу, з повагою відноситься до самого себе. Залучити такі кадри для роботи в брудному, курному складі, з низьким рівнем механізації, розміщеному на погано облаштованій території, без озеленення, без можливості активного відпочинку зробити все складніше.

У цьому зв'язку актуальним є завдання створення в складському комплексі умов, що забезпечують комфортність перебування на території і в приміщеннях складського комплексу як персоналу, так і клієнтів складу.

У зв'язку з цим **метою роботи** є вивчення умов естетичного оформлення складського комплексу, створення яких забезпечить ефективне його функціонування.

Результати досліджень. Наявність на території складського комплексу великої кількості різних об'єктів (складських приміщень, адміністративних будівель, залізничних і автомобільних шляхів тощо), які не відповідають нормальним умовам роботи, створює виробничу атмосферу, яка гнітюче діє на психіку. Цілеспрямоване використання різних видів зелених насаджень і об'єктів малої архітектури дозволяє розчленувати територію комплексу на окремі ділянки, збагативши і зробивши її більш привабливою, зручною для людини. Крім того, правильне застосування малих архітектурних форм сприяє формуванню естетичного вигляду складського комплексу [1].

Приблизний перелік об'єктів малої архітектури, згрупований за ознакою функціонального призначення, представлений в табл. 1.

© М.О. Турченюк, М.Д. Швець, О.Г. Кірічок

Таблиця 1

Об'єкти малої архітектури, що застосовуються на складських комплексах

Функціональні комплекси	Групи	Об'єкти
1	2	3
Малі архітектурні споруди	Малі будови	Прохідна, навіси для індивідуального транспорту, контрольно-пропускні пункти тощо
	Огородження	Огорожі підприємства і його ділянок, ворота, шлагбауми, огородження газонів, квітників та ін.
	Декоративні водні пристрої	Декоративні басейни, фонтани
Інженерно-господарське обладнання	Інженерно-технічне обладнання	Трансформаторні підстанції, акумуляторна, протипожежні пристрої, пристрої сигналізації та ін.
	Засоби благоустрою рельєфу	Покриття пішохідних доріжок, пандуси
	Технічні водні засоби	Протипожежні водойми
	Освітлювальні установки	Опори електроосвітлення, прожекторні установки, газонні світильники тощо
	Господарче обладнання	Контейнери для відходів і майданчики для їх розміщення, сміттєві баки
Обладнання для відпочинку	Обладнання зон відпочинку	Тенти, навіси, бесідки, переголи та ін.
	Дворові меблі	Лави, стільці, столи тощо
	Обладнання спортивних майданчиків	Обладнання майданчиків для гри у волейбол і баскетбол, теніс та ін.
Засоби масової інформації	Засоби інформації	Знаки, вказівники, світлові табло, годинники, стенди інформації та ін.
Декоративні форми	Декоративні засоби	Вази, квітники, декоративні камені тощо
	Засоби святкового оформлення	Флагштоки, окремо стоячі і розміщені на спорудах і будинках, плакати, панно та ін.

Розміщення об'єктів малої архітектури – одне з важливих питань естетичного оформлення території складського комплексу. Тут слід врахувати особливості простору і характер навколишнього природного середовища, призначення окремих ділянок території, санітарно-гігієнічні та інші умови.

Питання розміщення об'єктів малої архітектури слід вирішувати не тільки в плані, але й у просторі, з урахуванням їх призначення і розмірів.

При підборі типових об'єктів малої архітектури на території складського комплексу або в якійсь його зоні слід створювати комплекс малої архітектури, що характеризується єдністю стилю. Кількість об'єктів, що входять в комплекс, визначається його функціональним призначенням і художнім задумом.

Наприклад, в зоні відпочинку комплект може складатися з лавок, столів, стенду інформації, квітників, урн для сміття тощо.

Надлишок малих архітектурних форм на території складського комплексу небажаний. Тому їх номенклатуру і кількість слід визначати на основі аналізу існуючого досвіду, величини території, місцевих природно-кліматичних особливостей, кількості працюючих та ін.

Дати єдині рекомендації з розміщення та кількості форм малої архітектури неможливо, оскільки території складських комплексів різноманітні як по своїй конфігурації, величині, природно-кліматичних умовах, так і розміщених на них об'єктах тощо [2].

Всі об'єкти малої архітектури слід об'єднувати єдиним стильовим рішенням. Єдиним стильовим рішенням повинні бути охоплені:

- всі елементи благоустрою та обладнання території;
- колірне рішення всього предметного середовища (будівель, рамп, засобів транспорту

тощо);

- місця активного й короткочасного відпочинку;
- засоби візуальної комунікації;
- малі архітектурні форми,починаючи від прохідної і дворових меблів і закінчуючи контейнерами для сміття.

Єдності стилю сприяє також використання єдиних конструктивних рішень та застосування однакових матеріалів, єдність композиційних і колірних рішень.

Для досягнення художньої виразності важливо правильно вирішити колірну композицію малих форм. Вибір кольору залежить від функціонального призначення об'єктів, від матеріалу, що використовується, і архітектури. Крім того, колір малих форм повинен поєднуватися з колірним рішенням навколишнього середовища – будівель, споруд, зелених насаджень. Малі форми з бетону, декоративної цегли, каменю повинні зберігати свій природний колір, а окремі їх елементи або елементи, виконані з інших матеріалів (металу, дерева тощо), можна фарбувати в яскравіші, контрастні кольори, щоб підкреслити їх архітектуру. Однак кількість колірних поєднань має бути мінімальним.

Об'єкти малої архітектури доцільно компонувати з уніфікованих і переважно збірних елементів. Модульність розмірів дасть можливість збирати з окремих уніфікованих елементів різні групи об'єктів малої архітектури.

Правильне і красиве планування пішохідних доріжок є однією з важливих частин благоустрою та декоративного оформлення території складського комплексу та зон відпочинку. Малюнок доріжки може бути чітким, геометрично правильним чи вільним. Обриси доріжок, малюнок мощення, фактура і колір матеріалу, з якого вони зроблені, можуть бути найрізноманітнішими. Будь-які мощення поєднуються з ландшафтом органічніше, коли їх елементи не пов'язані між собою конструктивно, наприклад, посів травою.

Раціонально розпланованні, упорядковані і озеленені майданчики для відпочинку сприяють швидкому відновленню сил і поліпшенню настрою працівників. Для правильної організації місць короткочасного відпочинку слід враховувати вигляд і зміст відпочинку працюючих на базі, встановлювати зони можливого розміщення місць короткочасного відпочинку на території, а також проводити розрахунок необхідної кількості місць і відповідних майданчиків.

На території складського комплексу слід передбачати майданчики як для спокійного, так і активного відпочинку. Причому, залежно від статі, віку та інтересів працюючих визначаються розміри територій, що відводяться під той чи інший вид відпочинку. Ігри для відпочинку слід підбирати з урахуванням запитів працюючих.

Для оптимального розміщення майданчиків відпочинку на території складського комплексу слід намічати ділянки територій між будівлями вільні від використання у виробничих цілях, а також ділянки поблизу основних потоків пересування працюючих, близько їдалень, побутових приміщень, враховуючи при цьому санітарні норми та естетичні вимоги. У зоні активного відпочинку слід передбачати майданчики для настільного тенісу, волейбольно-баскетбольний та інші майданчики для ігор залежно від побажань працівників бази. Поверхня майданчиків для ігор повинна бути міцною, мати ухили для стоку води. Рекомендується піднімати її на 5-10 см над рівнем прилеглої ділянки. Найбільш сприятливою для гри вважається орієнтація поздовжньої осі майданчика в напрямку «північ-південь».

Велике значення слід надавати оформленню рампи. На ній здійснюється приймання і вивантаження товарів. Для оберігання будівельних конструкцій від механічних пошкоджень і для полегшення орієнтації під'їзду транспорту конструкції рамп слід виділяти розпізнавальним і сигнально-попереджувальним забарвленням.

Торцеву частину рамп фарбують у жовтий колір. Зверху й знизу на торцевій частині рамп наносять горизонтальні смуги чорного кольору шириною 100 і 300 мм. Опорні колони на рампах фарбують по периметру з чорними і жовтими смугами, що чергуються, шириною 200 мм. Загальна висота забарвлення основи колони – 1200 мм.

Двері складів в їх нижній частині забарвлюють чорним кольором на висоту 200 мм, верхню балку дверного отвору – жовтим.

Жовта смуга наноситься для того, щоб при русі механізмів вони не зачіпалися за дверний отвір. Двері фарбують у коричневий, сірий або будь-який інший нейтральний колір. Зовнішні стіни будівлі складського корпусу можуть бути пофарбовані в білий колір або ж залишена цегляна кладка.

Разом з розпізнавальним і сигнально-попереджувальним забарвленням на рампах слід

© М.О. Турченюк, М.Д. Швець, О.Г. Кірічок

передбачати різного роду оформлені покажчики, які поділяються на два види. Перші – цифрові покажчики секцій складського корпусу, призначені для орієнтації транспорту та підйомно-транспортних механізмів. Вони можуть являти собою планшети розміром 500×500 мм, підвішені не нижче 3 м над рівнем землі.

Другий вид покажчиків – це покажчики складських приміщень, призначені для орієнтації всередині секцій. У них використовуються цифрові й літерні позначення і лише одна піктограма-стрілка. Покажчики слід розміщувати на дверях секцій на рівні очей.

Естетичне оформлення складських приміщень ґрунтується на використанні особливостей психологічного і фізіологічного сприйняття людиною інтенсивності освітлення, кольору, геометричних форм, розмірів. Так, одні кольори зосереджують увагу, інші – заспокоюють. Певні контрасти, поєднання різних кольорів, добре помітні в умовах недостатнього освітлення, при інтенсивному природному освітленні будуть дратувати, втомлювати. Від геометричних форм і розмірів символів, що несуть інформацію, в значній мірі залежить, чи сприймається ця інформація мимоволі, або для її зчитування необхідно спеціально зосередити увагу.

Розглянемо деякі підходи до застосування кольору, контрасту, геометричних форм до розмірів при естетичному оформлення складських приміщень. Використання цих підходів при технологічному проектуванні складу дозволяє [3]:

- поліпшувати умови освітленості всередині складу;
- створювати умови, що полегшують виконання технологічних операцій (колірне виділення деяких елементів технологічного та підйомно-транспортного устаткування, що полегшує виконання технологічних операцій);
- підвищувати безпеку праці (колірне, сигнально-попереджуюче виділення деяких елементів технологічного та підйомно-транспортного обладнання, оформлення інтер'єру сприяє безпеці праці працівників).

Основу внутрішскладского технологічного процесу становлять операції з переміщення, складування і відбору вантажів, які потребують певних умов освітленості. У складах, як правило, відсутнє природне освітлення. Світловий потік, що створюється лампами штучного світла, в змозі створити необхідну освітленість всіх ділянок приміщення складу тільки в тому випадку, коли коефіцієнт відбиття стін і стелі буде достатньо високий. Рекомендується елементи верхньої зони приміщення складу фарбувати барвниками з високим коефіцієнтом відбиття світла, елементи середньої зони – барвниками із середніми значеннями коефіцієнта відбиття. З одного боку, цим досягається збільшення загальної освітленості в складі, з іншого боку, покращення зору працівників, що фіксує в основному середні елементи складу, легше адаптуватися при виконанні операцій в місцях з низькою освітленістю.

Від того, наскільки різкий контраст між кольорами товару, тари і устаткування, як виділені місця захвату тари, кришки контейнерів, габарити піддонів, істотно залежить зручність виконання технологічних операцій на складі (особливо зручність переробки пакетованого вантажу водіями підйомно-транспортних засобів). Колірний контраст дозволяє виконувати операції з вантажем без додаткової напруги зору.

Простір складських приміщень являє єдиний об'єм, тому його колірне рішення краще вибирати універсальне і лише різними кольорами виділяти деякі елементи інтер'єру [4].

Окремі елементи технологічного обладнання необхідно фарбувати у допоміжні і сигнальні кольори. Розпізнавальним і сигнально-попереджуючим забарвленням слід виділяти електротехнічні комунікації, джерела травм і аварій (елементи підйомно-транспортного обладнання).

У зонах можливого травматизму (зонах дії електроштабелерів і електронавантажувачів, проїздах) необхідно виділяти габарити проїздів, місця складування, встановлювати знаки безпеки.

Необхідно забезпечити максимально можливий колірної контраст між конструкціями стелажів і поверхнею тари.

Стелажі й стоїчні піддони, пофарбовані в фісташковий і світло-зелений колір, зором легше сприймаються. Зелені кольори ніби підкреслюють надійність конструкції.

Торці піддонів фарбують в контрастний помаранчевий колір. Це полегшує роботу водіїв електронавантажувачів і дозволяє їм більш точно робити захвати вилами піддонів. Передні стінки ящикових піддонів, які відкидаються або відкриваються, також фарбують у помаранчевий колір. Таке забарвлення чіткіше виділяє рухомі частини конструкцій цих піддонів [5, 6].

Безпеці і більш чіткій організації внутрішскладських приміщень сприяє нанесення розмітки на поверхню підлоги складу. Розмітка здійснюється білою фарбою, у вигляді суцільної і пунктирної

© М.О. Турченюк, М.Д. Швець, О.Г. Кірічок

ліній. Розміткою виділяють смуги для руху транспорту, місця переходу, місця стоянки підлогового транспорту, зони, відведені під штабельне зберігання товарів. Розмітка виконується лініями шириною 100 мм. Пунктирні лінії мають довжину штриха 500 мм і відстань між штрихами 250 мм.

Висновки. Практичний досвід свідчить, що непродумане естетичне оформлення складських приміщень призводить до зниження продуктивності праці, його безпеки, збільшення травматизму. Поверхневе ставлення до естетичного проектування тим більше неприпустимо, що воно фактично не вимагає суттєвих додаткових капітальних вкладень, оскільки предмети інтер'єру, технологічне та підйомно-транспортне обладнання так чи інакше забарвлюється, тим самим створюється система внутрішньо-складської інформації.

Тому естетичне оформлення складських приміщень на належному рівні сприяє створенню умов для забезпечення високої продуктивності праці на складах.

Література

1. Батищев И.И. Организация и механизация погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте: Учебник / И.И. Батищев. – М.: Транспорт, 1988. – 367с.

2. Вільковський Є.К., Кельман І.І., Бакуліч О.О. Вантажознавство: Підручник / Є.К. Вільковський, І.І. Кельман, О.О. Бакуліч. (Видання друге, перероблене і доповнене). – Львів: Інтелект-Захід, 2007. – 495 с.

3. Вирабов С.А. Складское и тарное хозяйство: Монография / С.А. Вирабов. – К.: Вища школа, 1989. – 304с.

4. Волгин В.В. Склад: Практ. пособие / В.В. Волгин. – 2-е изд. – М.: «Дашков и К», 2001. – 315 с.

5. Гриневич Г.П. Комплексно-механизированные и автоматизированные склады на транспорте: Монография/Г.П. Гриневич. – М.: Транспорт, 1987. – 296с.

6. Контейнерная транспортная система / Под ред. Л.А. Коган. – М.: Транспорт, 1991. – 254 с.

Стаття надійшла в редакцію 23.04.2016

© М.О. Турченюк, М.Д. Швець, О.Г. Кірічок

УДК 656.078

Є.І. Тхорук, О.О. Кучер
Національний університет водного господарства та природокористування

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕРМІНУ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ЯК ПАРАМЕТРА СИСТЕМИ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Проведено огляд основних методів визначення оптимального терміну використання одиниці парку рухомого складу; встановлено, що оптимального терміну використання одиниці парку рухомого складу прирівнюється до періодичності системи оновлення парку рухомого складу по даній одиниці; визначено підходи до оновлення парку рухомого складу на підприємстві.

***Ключові слова**: парк рухомого складу підприємства, однини ця парку рухомого складу підприємства, оптимальний термін використання одиниці парку рухомого складу, система оновлення парку рухомого складу.*

Е.И. Тхорук, Е.А. Кучер
Национальный университет водного хозяйства и природопользования

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕРМИНА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА КАК ПАРАМЕТРА СИСТЕМЫ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Проведен обзор основных методов определения оптимального срока использования единицы парка подвижного состава; установлено , что оптимального срока использования единицы парка подвижного состава приравнивается к периодичности системы обновления парка подвижного состава по данной единицы; определены подходы к обновлению парка подвижного состава на предприятии.

***Ключевые слова:** парк подвижного состава предприятия, единица парка подвижного состава предприятия, оптимальный срок использования единицы парка подвижного состава, система обновления парка подвижного состава.*

Y. Thoruk, O. Kucher
The National University of Water and Environmental Engineering

THE DETERMINATION OPTIMAL PERIOD OF USE THE AUTOMOBILE VEHICLE AS A PARAMETER OF THE SYSTEM OF UPGRADE ROLLING STOCK.

Conducted overview of the main methods for determining the optimal period of use unit of rolling stock; found that the optimal duration of use rolling stock unit is equal to the frequency of the system upgrade rolling stock for this unit; defined approaches to upgrade rolling stock in the enterprise.

***Keywords: rolling stock of** enterprise, unit of rolling stock, optimal period of use unit of rolling stock, system of upgrade rolling stock.*

Постановка проблеми. Надійність функціонування логістичної системи перевезень значною мірою визначається надійністю роботи транспорту, як її елемента. На транспортні витрати, в тому числі на утримання транспортного засобу, в структурі затрат на логістику припадає більше 40%. Скоротити дану статтю витрат дозволить своєчасна заміна автотранспортного засобу, тобто оновлення парку рухомого складу. Парк рухомого складу автотранспортного підприємства – це сукупність одиниць транспортних засобів для перевезення пасажирів чи вантажів. Оновлення автомобільного парку рухомого складу – це процес поступової заміни старих транспортних засобів, які вже відпрацювали свій ресурс і є непридатними до подальшого ефективного використання, які є технічно або морально застарілими, на нові. Може здійснюватися як шляхом модернізації існуючих застарілих транспортних засобів, так і закупівлі повністю нових автомобілів. Одиниця парку рухомого складу автотранспортного підприємства - легковий (вантажний) автомобіль, автобус, автомобільний причіп, автомобіль спеціального призначення, що знаходиться на балансі даного підприємства. Для того, щоб знати, на якому етапі експлуатації одиниці парку рухомого складу необхідне оновлення, використовується ряд методів визначення оптимального терміну використання автомобільного транспортного засобу.

У зв'язку з цим **метою роботи** є аналіз методів визначення оптимального терміну використання одиниці парку рухомого складу.

Результати досліджень. Для прикладу, в РФ терміни доцільного використання транспортних засобів закріплені в Податковому кодексі РФ. Норма пп. 14.1.138 Податкового кодексу України оперує терміном «очікуваний строк корисного використання (експлуатації)». Законодавство не містить якихось алгоритмів чи критеріїв визначення цього строку. Норми п. 145.1 Податкового кодексу України прописують мінімальні строки експлуатації (для

© О.М. Єрмак

транспортних засобів – 5 років). Тобто, в Україні немає законодавчих обмежень щодо використання транспортних засобів, дозволеним є використання транспортних засобів, технічний стан та обладнання яких відповідають вимогам стандартів, що стосуються безпеки дорожнього руху та охорони навколишнього середовища, а також правил технічної експлуатації, інструкцій підприємств-виробників та іншої нормативно-технічної документації. [1] Іншими словами, якщо після поточного чи капітального ремонту технічні показники автотранспортної одиниці відповідають нормам і стандартам, то такий автотранспортний засіб можна використовувати.

Існує ряд наукових методів визначення оптимального терміну використання транспортних засобів. Цими проблемами займались такі науковці, як В. О. Васильєв, Р. М. Пєтухов, А. И. Селиванов, А. М Триков, М. Ф. Фролов та інші. [2 - 13] Методи визначення оптимальних термінів служби транспортних засобів відрізняються між собою вибором критерію оптимальності і принципами, використовуваними при вирішенні різних завдань. Термін використання автомобіля є одним з найважливіших показників ефективності його використання. Вся політика оновлення формується з урахуванням оптимальних термінів використання парку рухомого складу. Для визначення оптимальних термінів служби застосовують статистичні, аналітичні, графічні, графоаналітичні та інші методи.

Таблиця 1

Методи визначення оптимального терміну використання одиниці парку рухомого складу

Автор	Метод
Васильєв В.О.	**Графічний метод.** Показує можливість визначення терміну служби споруд (включаючи машини) на основі вивчення впливу терміну використання на величину амортизаційних відрахувань, а також на величину витрат на поточний, середній і капітальний ремонти
Сєліванов Л.І.	**Метод визначення економічно оптимальних термінів служби машин з матеріального зносу.** Вперше зроблена спроба запропонувати універсальну аналітичну залежність між прогресивно наростаючими експлуатаційними витратами і терміном служби машин, яка була б придатна для будь-якого виду машин.
Новожилов В.В.	Пропонує **при визначенні термінів заміни засобів праці виключати зі складу витрат по використанню існуючих засобів праці початкові вкладення та їх амортизацію на відновлення.** Виходячи з цієї концепції пропонується основне рівність, визначальне оптимальний межа служби засобів праці. З його допомогою зіставляються витрати виробництва без амортизації на відновлення даної продукції на старих і найбільш ефективних нових засобах праці та визначається оптимальний момент заміни старого засоби праці новим. При визначенні термінів служби засобів праці передбачається, що зношені засоби праці більше не використовуються, а непридатні за одним призначенням засоби праці можуть бути ефективно використані за іншим призначенням.
Пєтухов Р.М.	Метод визначення оптимального терміну використання полягає в пропозиції **встановлювати такі строки служби машин, за яких задоволення потреб народного господарства за даний плановий період в послугах машин даного призначення забезпечувалося б при мінімальних приведених витратах**, що припадають на одиницю виконаної роботи або продукції, тобто min.
Львов Д.С., Зиков Ю.А.	**Будь-яка система моделювання економічного процесу, яка оптимізується, повинна ґрунтуватися на врахуванні чотирьох основних факторів: обмеженість ресурсів, фактор часу, стохастичність і невизначеність.** Автори стверджують, що для будь-яких варіантів знайдеться такий великий період часу, за межами якого вони для нас не важливі за своїми подальшими наслідками, і, отже, вибір одного з них повинен відбуватися в межах певного періоду часу, умовно названого оптимальним терміном планування.
Рецеі Г.	**Метод, заснований на визначенні такого терміну служби, при**

	якому річна сума поточних витрат і капітальних вкладень для підтримки парку рухомого складу на постійному рівні буде мінімальною [Reczey].
Колегаєв Р.Н.	Метод, при якому **в якості критерію оптимальності використовується мінімум собівартості одиниці напрацювання(продукції або роботи).** Сутність цього методу полягає в наступному: зі збільшенням терміну служби машини питома величина амортизаційних відрахувань, що припадають на одиницю її напрацювання, зменшується.

Графічний метод був запропонований в 1925 році інженером В.О. Васильєвим (показує можливість визначення терміну служби споруд (включаючи машини) на основі вивчення впливу терміну використання на величину амортизаційних відрахувань, а також на величину витрат на поточний, середній і капітальний ремонти)). Метод визначення економічно оптимальних термінів служби машин з матеріального зносу розробив Л.І. Сєліванов (вперше зроблена спроба запропонувати універсальну аналітичну залежність між прогресивно наростаючими експлуатаційними витратами і терміном служби машин, яка була б придатна для будь-якого виду машин) [10; 11]. Метод В.В. Новожилова пропонує при визначенні термінів заміни засобів праці виключати зі складу витрат по використанню існуючих засобів праці початкові вкладення та їх амортизацію на відновлення. Виходячи з цієї концепції пропонується основне рівність, визначальне оптимальний межа служби засобів праці. З його допомогою зіставляються витрати виробництва без амортизації на відновлення даної продукції на старих і найбільш ефективних нових засобах праці. [12]

Найбільш широко застосовується метод, при якому в якості критерію оптимальності використовується мінімум собівартості одиниці напрацювання (продукції або роботи) Сутність цього методу полягає в наступному: зі збільшенням терміну служби машини питома величина амортизаційних відрахувань, що припадають на одиницю її напрацювання, зменшується. Наведений метод має недоліки, серед яких головним є необгрунтований вибір мінімуму собівартості одиниці напрацювання в якості критерію оптимальності. Термін використання визначають, враховуючи тільки матеріальний знос, і приймається мінімально допустимим (t_{min}), заміна машини до його закінчення вимагає капітальних вкладень і викликає зростання собівартості одиниці напрацювання.

Метод визначення оптимальних термінів служби, заснований на визначенні економічного ефекту від підвищення довговічності машини: за цим методом оптимальний термін служби машини визначається з урахуванням матеріального та морального зносів першої форми. Для цього порівнюються між собою результати розрахунків економічного ефекту від підвищення терміну служби машини спочатку від одного року до двох років, потім - від одного року до трьох років і т. д. Показники економічного ефекту відповідного варіанта терміну служби машини (2, 3, 4, 5 ... років) порівнюються з показниками базового однорічного терміну служби. Термін служби, після якого відбувається зниження ефекту, є оптимальним з урахуванням морального зносу першої форми. Недоліком є те, що не враховується зміна супутніх капітальних вкладень у виробничі фонди ремонтної служби і створення виробничих площ. Розрахунок проводиться з умови, що середньорічна напрацювання машини не змінюється з часом, а величина щорічного приросту поточних витрат на експлуатацію машини є постійною для будь-якого значення терміну служби.

Метод визначення оптимального терміну служби машин з урахуванням матеріального зносу відрізняється від розглянутих тим, що згідно даного методу нераціональним вважається використання машин в основній сфері до їх повного зносу. Оптимальним терміном служби з матеріального зносу вважається такий період експлуатації машини в основній сфері, при якому наведені витрати на одиницю продукції є мінімальними. Недолік методу полягає в тому, що термін використання машини в основній сфері її застосування визначається на основі нормативного терміну служби машини.

Розглянемо методику визначення оптимальних термінів служби машин при агрегатно-вузловому методі ремонту. Сутність цього методу в тому, що в якості можливих варіантів оптимального терміну служби машини приймається час настання потреби в капітальному ремонті кожного окремого агрегату або вузла, що становить машину. Оптимальний термін служби машини кратний цілому числу періодів між капітальними ремонтами одного з агрегатів або вузлів, складових машину. При агрегатно-вузловому методі ремонту визначаються значення величини

питомих приведених витрат для кожного можливого варіанту терміну служби, що збігається з моментом виникнення потреби в проведенні капітального ремонту окремого агрегату або вузла машини. Це призводить до зростання числа можливих варіантів розрахунку оптимального терміну служби машини.

Тобто, оптимальний термін використання одиниці парку рухомого складу підприємства буде відповідати параметру періодичності системи оновлення парку рухомого складу для певної одиниці, $\boldsymbol{T}_{опт}=\boldsymbol{П}_{он}$.

Процес оновлення парку транспортних засобів носить цілеспрямований характер, і методи, що застосовуються, залежать від конкретних цілей: збільшення виробничої потужності парку транспортних засобів автотранспортного підприємства, підвищення коефіцієнта готовності, безвідмовності т. д. За основу приймається багатокритеріальна модель, яка дозволяє оптимізувати склад парку за кількома цільовими функціями, пропонуючи, таким чином, кілька варіантів рішень в залежності від поставлених завдань.Даний метод є ефективним за рахунок застосування розроблених моделей динаміки ринкової ціни машин, обліку зниження продуктивності машин за часом, результатів дослідження показників відновлення техніки при КР, обліку сезонності використання автомобілів.

Модель оновлення парку за типами і розмірними групами автотранспортних засобів має вигляд:

$$\begin{cases} W = N_{міс} \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i(t)/12, \quad W \geq W_{необх.}, \\ к = Ц_{ПН} \cdot N_H + Ц_{ПНН_i}(t) \cdot N_{НН_i}(t) - Ц_{ПРi}(t) \cdot N_{ПРi} + B_{КР} \cdot N_{КР} - Ц_{СП} \cdot N_{СП} \rightarrow min, \\ Ц_{ПНН_i}(t) = Ц_H \cdot k_{M_i}, \quad Ц_{ПР_i} = 0{,}8 \cdot Ц_H \cdot k_{M_i}, \\ Вир_i = W_i \cdot Ц_{МГ}, \quad П_i = W_i \cdot (Ц_{МГ} - C_{МГ_i}), \quad t_{ок} = к / \sum_{i=1}^{n} П_i, \end{cases} \tag{1}$$

де W– потужність парку транспортних засобів АТП; Nміс – кількість місяців роботи машин у році; t – вік машини, рік; і – вікова група; n – кількість вікових груп; $W_i(t)$ – місячне напрацювання машин даної вікової групи; $W_{необ}$ – необхідна потужність парку машин даного типу і розмірної групи; $к$ – капітальні вкладення в модернізацію парку; $Ц_{пн}$, $Ц_{пнн(t)}$, $N_н$, $N_{нн}(t)$ – ціна покупки і кількість придбаних нових і не нових машин відповідно; $Ц_{пр(t)}$, $Ц_{сп}$, $N_{пр}(t)$, $N_{сп}$– ціна продажу та кількість продаваних і списаних машин відповідно; $к_M$ (t)– коефіцієнт «старіння» машини по ринковій ціні; $B_{кр}$ – витрати на КР; $N_{кр}$ – кількість капітально відремонтованих машин; 0,8 – коефіцієнт, що враховує накладні витрати при продажу автомобілів; $B_{ир.і}$, $П_і$ – виручка і прибуток від експлуатації парку транспортних засобів; $Ц_{мг}$ і $C_{мгі}$ – ціна і собівартість т-км; $t_{ок}$ – термін окупності капітальних вкладень.

Багатокрітеріальність моделі полягає в можливості оновлення парку транспортних засобів автотранспортного підприємства від будь-якої змінної, що включена в модель: $к$, $B_{ирі}$, $П_і$, $t_{ок}$.

Оновлення парку рухомого складу може здійснюватись з використанням різних підходів (Рис.1):

- оновлення парку рухомого складу шляхом проведення капітальних ремонтів та модернізації транспортних засобів;
- оновлення парку рухомого складу шляхом переобладнання (модернізації) старих (морально застарілих) транспортних засобів;
- оновлення парку рухомого складу шляхом заміни старих (морально застарілих) транспортних засобів на сучасні, які були у використанні;
- оновлення парку рухомого складу шляхом заміни старих транспортних засобів на нові.

© О.М. Єрмак



Рис. 1. – **Схема вибору підходу до оновлення парку рухомого складу на підприємстві**

Найменших капіталовкладень потребує застосування першого підходу, але і досягнутий ефект є найменшим, тобто відновленого ресурсу старих автотранспортних засобів після капітального ремонту вистачить на виконання меншого обсягу транспортної роботи. Другий підхід (оновлення парку рухомого складу шляхом модернізації (переобладнання) старих (морально застарілих) транспортних засобів) може застосовуватись при потребі у спеціалізованому автотранспорті для перевезення особливих видів вантажів при відсутності можливостей у підприємства купити нові спеціалізовані транспортні засоби через обмеженість фінансових ресурсів.

Також потребує мінімальних капіталовкладень та дає найменший ефект порівняно із купівлею бувших у використанні або нових відповідних транспортних засобів. Сюди можна віднести і переобладнання (модернізацію) вантажних мікроавтобусів у пасажирські. Наступним за величиною капіталовкладень є підхід оновлення парку рухомого складу шляхом заміни старих (морально застарілих) транспортних засобів на сучасні, які були у використанні. І найбільших капіталовкладень потребує заміна старих транспортних засобів на нові, проте після здійснення такого процесу найбільш суттєво зменшуються витрати на утримання автомобілів та зростає коефіцієнт технічної готовності та отримується найбільший економічний ефект. Варіант підходу до оновлення парку рухомого складу обирається, виходячи з конкретних умов на підприємстві, які спричинили потребу в оновленні рухомого складу.

Особливість експлуатації рухомого складу потребує аналізу у взаємозв'язку економічного та технічного підходів при оновленні транспортних засобів. Така ситуація зумовлює необхідність мати інформацію про критичну точку експлуатації автомобіля, після якої часткове відновлення завдяки ремонту не має економічного сенсу, а отже, виникає необхідність повного оновлення (Рис.2).



Рис. 2. **Принципова схема залежності витрат з експлуатації транспортних засобів і витрат на їх оновлення поза зоною працездатності**

При застосуванні вищенаведених підходів періодичність системи оновлення парку рухомого складу (і оптимальний термін експлуатації одиниці парку рухомого складу) буде різною.

Висновки. Проведено огляд основних методів визначення оптимального терміну використання одиниці парку рухомого складу; встановлено, що оптимального терміну використання одиниці парку рухомого складу прирівнюється до періодичності системи оновлення парку рухомого складу по даній одиниці; визначено підходи до оновлення парку рухомого складу на підприємстві.

1. Налоговый кодекс РФ. [электронный ресурс] // СПС «Гарант», режим доступа http://base.garant.ru/10900200/

2. Бронштейн, Л.А. Определение оптимального срока службы подвижного состава автомобильного транспорта. Труды Московского инженерно-экономического института, выпуск 16. //Л.А. Бронштейн, С.Р. Лейдерман. М.: Автотрансиздат, 1961.

3. Вегер, Л. Л. Обновление машинных парков: проблема эффективности. /Вегер Л.Л М.:Наука, 1990.

4. Колегаев, Р. Н. Управление обновлением машинного парка. /Р. Н. Колегаев, П. А.Орлов, В.И. Шелепко. Киев: Техника, 1981.

5. Методика определение оптимальных сроков службы тракторов. /Ф.И. Яволенко. М.: ОНТИ-НАТИ, 1972.

6. Радченко, А.И. Оптимизация сроков службы. /А.И. Радченко. Киев: Знание.,1987.

7. Рассолов, А.И. Определение оптимальных сроков эксплуатации строительных машин./А.И. Рассолов, Н.П. Шалов. М.:ВНИИЭОПиТЭИ., 1973.

8. Токарев, Т.Г. Рациональные сроки службы автомобилей. /Т.Г. Токарев. М.:Автотрансиздат, 1962.

9. Васильков, Ю.В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании. Учебное пособие. /Ю.А. Васильков, Н.Н. Василькова. М.: Финансы и статистика 2004.

10. Селиванов, А.И. О моральном износе машин. /А.И. Селиванов //Вестник сельскохоз. науки, 1960.

11. Селиванов, А.И. Основы теории старения машин. /А.И. Селиванов. М.: Машиностроение, 1971.

12. Новожилов, В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. /В.В. Новожилов. М.: Наука, 1972.

13. Петухов, Р.М. Методика экономической оценки износа и сроков службы машин. /Р.М.Петухов. М.: Экономика, 1965.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© О.М. Єрмак

УДК 656.052.1

О.П. Цьонь
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ШЛЯХИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ВІДСТАНЕЙ МІЖ ПУНКТАМИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Проведено огляд та аналіз методів для визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі. Обґрунтовано доцільність використання методу потенціалів при розрахунках для мінімізації пробігу автотранспортних засобів, скорочення часу доставки вантажів з метою підвищення показників раціональності використання рухомого складу.

***Ключові слова**: транспортна мережа, метод потенціалів, найкоротші відстані, рухомий склад.*

О.П. Цень
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

ПУТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ПУНКТАМИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.

Проведен обзор и анализ методов для определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети. Обоснована целесообразность использования метода потенциалов при расчетах для минимизации пробега автотранспортных средств, сокращения времени доставки грузов с целью повышения показателей рациональности использования подвижного состава.

***Ключевые слова:** транспортная сеть, метод потенциалов, кратчайшие расстояния, подвижной состав.*

O. Tson
Ternopil National Technical University Ivan Pul'uj

WAYS TO DETERMINE THE OPTIMAL DISTANCE BETWEEN THE POINTS OF THE TRANSPORT NETWORK

The review and analysis methods to determine the shortest distance between points of transport network. The expediency of using the potential method in calculation to minimize the mileage of vehicles, reducing the time cargo delivery to improve performance rational use of trucks.

***Keywords**: transport network, method of potentials, shortest distance, rolling stock.*

Постановка проблеми. В ринкових умовах господарювання важливим є раціональне використання рухомого складу автотранспортними підприємствами, що задіяний у перевезеннях вантажів. Для підвищення показників ефективності функціонування АТП при плануванні вантажоперевезень необхідним є застосування методів для визначення найкоротших відстаней між пунктами відправлення та доставки вантажів з метою зниження транспортних витрат. Критерієм даних розрахунків слугує мінімізація пробігу вантажних автомобілів. В свою чергу транспортна мережа характеризує рівень транспортної забезпеченості держави, її стан, густота, пропускна та провізна здатність значною мірою визначають об’єм транспортної роботи, який безпосередньо впливає на кількість рухомого складу автотранспортних підприємств. [1].

Важливою практичною задачею організації вантажоперевезень, вирішення якої дає змогу скоротити транспортні витрати на перевезення вантажів за рахунок мінімазації загального пробігу рухомого складу та скорочення часу доставки, є визначення найкоротших шляхів сполучення між вантажовідправниками та вантажоодержувачами.

Відстані між пунктами транспортної мережі можливо визначити використовуючи курвіметр та карту місцевості виконану у відповідному масштабі, однак використання даного методу є недоцільним та нераціональним, оскільки покази приладу необхідно коригувати з урахуванням конкретних реальних дорожніх умов, враховувати стан дорожнього покриття та профіль проїзної частини [2].

Натурне визначення відстанней за показами спідометра автомобіля є енергозатратним, а використання систем глобального позиціонування для малих підприємств, що здійснюють перевезення на невеликі відстані по широко розгалуженій транспортній мережі, створює додаткові фінансові витрати.

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що практична задача з визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі є багатоваріантною та має безліч допустимих рішень [2].

© О.П. Цьонь

Згідно із [3] для пошуку оптимальних рішень можуть використовуватися різні схеми і моделі. Однією з моделей, яку можна зручно використовувати для розв'язання оптимізаційних задач з перевезення пасажирів (або вантажоперевезень) між різними пунктами призначення є математична модель. У цій моделі вершинами графіку будуть населені пункти, а ребрами – дороги, які з'єднують населені пункти між собою. Правильна математична модель зможе максимально близько відобразити реальну ситуацію з перевезеннями по регіону, так як між населеними пунктами можна переміщатися тільки по дорозі і бувають різні маршрути між одними і тими ж пунктами відправлення та призначення [3].

Вітчизняні спеціалісти звертають увагу на те, що уже є можливості створення додатків, що дозволяє вирішувати задачу по найкоротших відстанях між усіма пунктами в регіонах.

Використання математичних методів для розв'язку даного типу задач дозволить з максимальною ймовірністю вважати, що знайдено саме найкоротшу відстань між пунктами відправлення та доставки з урахуванням широкої розгалуженості транспортної мережі. Вирішення задач математичними методами можливо проводити як із використанням аналітичних залежностей в ручну так і програмного забезпечення на ЕОМ.

У даний час комп'ютерна техніка широко використовується практично в усіх транспортних організаціях, тому її застосування для оптимізації транспортних витрат є доцільним, а широкий спектр прикладних програм для розрахунку найкоротших відстаней у транспортній мережі, що працюють по класичному алгоритму, значною мірою відрізняються лише з точки зору інтерфейсу, зручності використання та вартості.

При розрахунку найкоротших відстаней між пунктами мережі з використанням ЕОМ на першому етапі необхідно створити модель транспортної мережі, однак її розроблення потребує певних вмінь та навиків, що є основним недоліком даного методу.

Собівартість перевезень, особливо міжнародних, може бути істотно знижена при правильному виборі виду транспорту і маршруту, з урахуванням особливостей транзитних країн і регіонів. На допомогу логістичним менеджерам у вирішенні цих завдань прийшли сучасні комп'ютерні технології, втілені в комплексі програмних продуктів PC * Miler / Europe. Сімейство програм PC * Miler / Europe створено американською транспортною інформаційно-технологічною фірмою ALK Associates Inc [4].

За дослідженнями поданими в [4], програмний продукт PC * Miler / Europe призначений для прокладки маршрутів, визначення відстаней і вартості перевезень, видачі інструкції водієві з роздрукуванням карти маршруту по 51 країні Європи та Азії. Основну цінність програмного продукту становить широка база даних, яка включає всі доступні для вантажівок автомобільні дороги, які розділені на 4 категорії якості та пронумеровані, більше 54 тис. міст і населених пунктів , близько 1500 прикордонних переходів і більше 44 тис. пересічний доріг [3, 4, 5]. Передбачена можливість встановлювати практичні маршрути (по кращих дорогах, що дозволяє знизити витрати часу і коштів на перевезення), найкоротші маршрути (по мінімуму відстані, використовуючи дороги усіх категорій), а також маршрути, що проходять переважно по безкоштовним дорогам [3, 4],. Практичні маршрути встановлюються шляхом вибору найкоротшої відстані при максимальному використанні доріг вищих категорій. При визначенні практичних маршрутів враховуються: відстані між пунктами маршруту, якості доріг, особливостей територій, обмеження по висоті і вазі, поділ доріг на міські і сільські, дороги, закриті для вантажівок і на ремонт, регламентовані, наскрізні маршрути і т.д. У процесі прокладки найкоротших маршрутів виключаються дороги, закриті для вантажного руху, і вибираються кільцеві дороги замість доріг через міста. Встановлення користувачем опції відмови від використання платних доріг дозволяє виключити вибір довгих ділянок таких доріг, але при цьому не допускається дальній об'їзд платних тунелів і мостів. У маршрут може входити необмежена кількість проміжних зупинок, які програма може розставити в послідовності, мінімізує сумарний пробіг по маршруту [4, 5].

Результати досліджень. Використання методу потенціалів дозволяє проводити дослідження транспортної мережі по визначенню найкоротших відстаней між пунктами за слідуючим алгоритмом. Початковій точці мережі, за яку може бути прийнята довільна, присвоюється потенціал, що рівний нулю. На схемі мережі дана точка позначається відповідним знаком. Після цього визначають потенціали сусідніх точок відносно початкової, із них вибирають мінімальний та присвоюють даній вершині. Алгоритм повторюють для кожної із точок транспортної мережі. Вибраний потенціал визначає найкоротшу відстань від початкової вершини до даної. На графічному зображенні транспортної мережі дану відстань зображають стрілкою (рис. 2).

© О.П. Цьонь

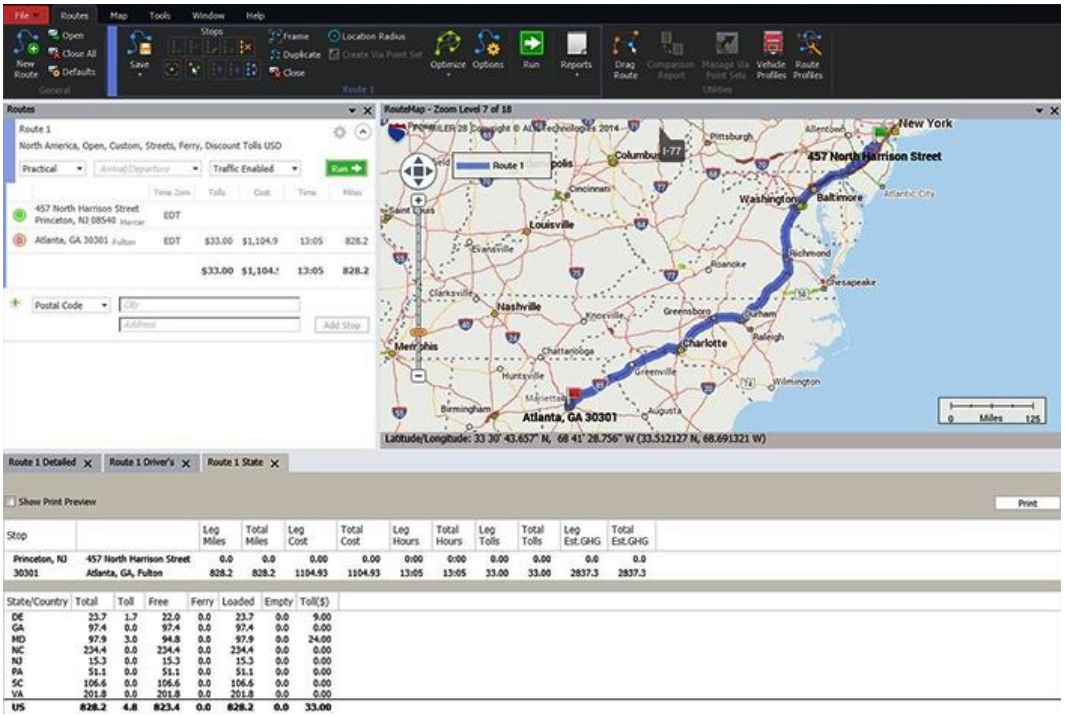


Рис. 1. **Інтерфейс програмного продукту PC * Miler / Europe [5]**

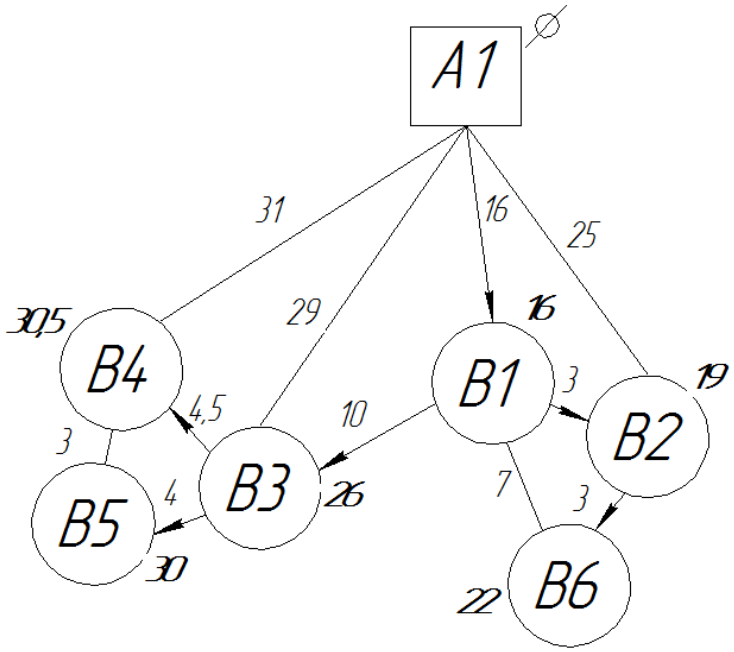


Рис. 2. **Визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі**

За допомогою методу потенціалів знаходимо найкоротші відстані від точки А1 (рис. 2). Привласнюємо т.А1 потенціал рівний 0.

$$V_{A1}^{B2} = V_{A1} + l_{A1B2} = 0 + 25 = 25 \text{ км};$$

$$V_{A1}^{B1} = V_{A1} + l_{A1B1} = 0 + 16 = 16 \text{ км};$$

$$V_{A1}^{B3} = V_{A1} + l_{A1B3} = 0 + 29 = 29 \text{ км};$$

$$V_{A1}^{B4} = V_{A1} + l_{A1B4} = 0 + 31 = 31 \text{ км}.$$

© О.П. Цьонь

Вибираємо мінімальне значення потенціалу та присвоюємо його вершині. В даному випадку це потенціал точки В1. Від даної точки шукаємо найкоротші відстані до сусідніх вершин.

$$V_{B1}^{B2} = V_{B1} + l_{B1B2} = 16 + 3 = 19 \text{ км};$$

$$V_{B1}^{B6} = V_{B1} + l_{B1B3} = 16 + 10 = 26 \text{ км};$$

$$V_{B1}^{B3} = V_{B1} + l_{B1B6} = 16 + 7 = 22 \text{ км}.$$

З усіх обчислених потенціалів мінімальне значення має потенціал точки В2. За аналогією повторюємо даний алгоритм для всіх точок транспортної мережі (рис. 2). Після дослідження усі шляхів формують матрицю найкоротших відстаней між пунктами мережі.

Висновки. Застосування методу потенціалів для визначення мінімальних відстаней між пунктами транспортної мережі дозволяє із високою ймовірністю стверджувати, що шукана відстань є найкоротшою. Його використання не потребує специфічних вмінь та навиків у порівнянні із пошуком відстаней за допомогою ЕОМ. Даний метод доцільно застосовувати при перевезеннях вантажів на невеликі відстані при розгалуженій транспортній мережі.

Література

1. Яцківський Л.Ю. Загальний курс транспорту: Навчальний посібник. –Кн. 1. – К.:Арістей, 2007. – 544 с.

2. Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками: Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1994. — 304 с.

3. Баранов А.В. Оптимізація перевезень між усіма пунктів сполучення регіону. // “Проблеми глобалізації та моделі стійкого розвитку економіки” (25-27 березня). – СНУ, 2009. – 606 с.

4. Сергєєв В.І. Корпоративна логістика. 300 відповідей на питання професіоналів / За заг. і наук. редакцією проф. а. - М.: ИНФРА-М., 2005. - 976 с.

5. http://pcmiler.com/img/PCM28-screen.jpg.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© О.П. Цьонь

УДК 656.13(477)

С.М. Шарай, Д.О. Дехтяренко, В.М. Ященко, К.О. Майданик
Національний транспортний університет

ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗА УМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРИНЦИПІВ

Розглянуто проблеми, що стримують розвиток міжнародних автомобільних перевезень вантажів. Запропоновано напрями впровадження принципів логістики на автомобільному транспорті.

***Ключові слова**: автомобільний транспорт, міжнародні перевезення, Європейська транспортна система, логістика.*

Шарай С.М., Дехтяренко Д.А., Ященко В.М., Майданик Е.А.
Национальный транспортный университет

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ.

Рассмотрены проблемы, сдерживающие развитие международных автомобильных перевозок грузов. Предложены направления внедрения принципов логистики на автомобильном транспорте.

***Ключевые слова:** автомобильный транспорт, международные перевозки, Европейская транспортная система, логистика.*

S. Sharai, D. Dekhtyarenko, V. Yaschenko, E. Maidanyk.
National Transport University

ORGANIZATION THE TRANSPORT SERVICES OF CARGO DELIVERY IN INTERNATIONAL TRAFFIC IN TERMS OF IMPLEMENTATION OF LOGISTICS PRINCIPLES.

The Problems which restrain development of international motor-car transportations are considered. The directions of application the principles of logistic are offered on a automobile transport.

***Keywords:** automobile transport, international shipping, European transport system, logistic.*

Постановка проблеми. Організація доставки вантажів у міжнародному сполученні потребує узгодження дій всіх учасників транспортно-технологічного процесу перевезень, які регулюються та визначаються міжнародними та національними правовими органами, екологічними, політичними та соціальними чинниками. В умовах високого рівня конкурентної боротьби на ринку транспортних послуг особливої уваги заслуговує розгляд питань впровадження принципів логістики на автомобільному транспорті, пошук раціональних шляхів транспортного обслуговування відповідно до кращих європейських практик, обґрунтування транспортно-технологічних схем доставки вантажів, впровадження прогресивних форм і методів організації процесу перевезень, удосконалення діючих та розробка перспективних транспортних технологій.

Результати досліджень. Автомобільний транспорт відіграє важливу роль в забезпеченні зовнішньої торгівлі України і транзиту її територією. За останні п’ять років зовнішньоекономічні вантажопотоки мають тенденцію до скорочення, особливо за обсягами транзиту (рис. 1).

За останні три роки через несприятливі економічні та соціально-політичні фактори обсяги транзиту через територію України скоротились на 33%. Зменшення транзиту скорочує надходження до бюджету, за експертними оцінками, на суму орієнтовно 10-15 млн. доларів на рік. При цьому сусідні країни намагаються активно конкурувати з Україною, надаючи свої транспортні послуги та здійснюючи заходи по створенню транспортних коридорів через свої території в обхід України.

© С.М. Шарай, Д.О. Дехтяренко, В.М. Ященко, К.О. Майданик

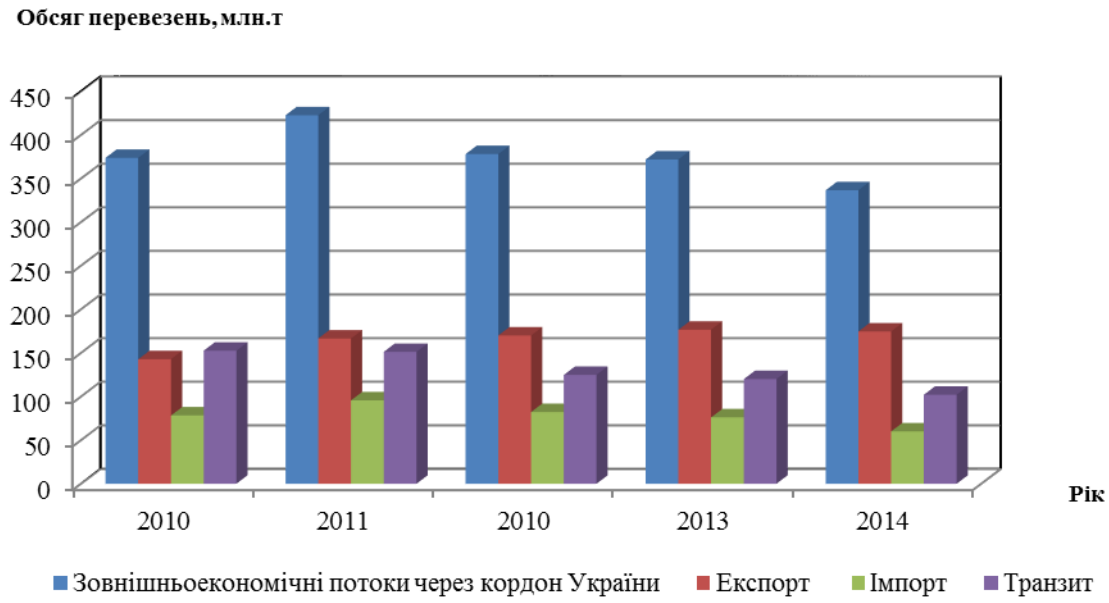


Рис. 1. **Зовнішньоекономічні вантажопотоки України**

Тому на сучасному етапі виявилась гостра необхідність у розробці основ управління та механізмів розвитку транспортних коридорів для оптимізації перевезень транзитних вантажів. Це, в свою чергу, породжує необхідність аналізу зв'язків та взаємовідносин, які виникають у транспортній системі на основі принципів її організаційного розвитку та економіко-правового забезпечення. Уряд спрямовує свої зусилля на створення умов для удосконалення та розвитку виробничо-технічної бази транспорту, створення та розвитку сучасних транспортних комунікацій і транспортно-складської інфраструктури, вирішення соціально-економічних завдань, підвищення рівня зайнятості населення регіонів. Так, Урядовою постановою [1] для пропуску автотранспортних засобів на державному кордоні України створено сто тринадцять пунктів пропуску, в тому числі за статусом: міжнародних – 57; міждержавних – 56. Тільки 9% із них мають достатнє матеріально-технічне забезпечення, а на 91% діючих пунктах пропуску матеріально-технічне та сервісне забезпечення недостатнє або взагалі відсутнє.

Міжнародні перевізники докладають зусиль для впровадження принципів логістики в організацію транспортного та транспортно-експедиторського обслуговування перевезень. За оцінками експертів впровадження транспортно-логістичного обслуговування споживачів дозволить скоротити термін доставки вантажів на 20%, час на оформлення товарно-транспортних документів на 50%, а також зменшити сумарні витрати на транспортування вантажів на 35% і скоротити складські запаси на 30%.

Основними проблемами, що стримують розвиток міжнародних автомобільних перевезень, у тому числі транзит вантажів, є такі: потребує удосконалення нормативно-правова база щодо здійснення міжнародних перевезень вантажів та пасажирів, процедура видачі дозволів перевізникам та їх розподіл, технологія перетину державного кордону, процедури розмитнення вантажів, отримання віз у посольствах тощо (рис. 2).

Аналіз стану міжнародних вантажних автомобільних перевезень України, в тому числі транзиту через територію України, показує, що необхідно привести нормативно-правову базу України з міжнародних перевезень та здійснення контрольних функцій на пунктах пропуску транспортних засобів через державний кордон у відповідність до міжнародних норм. Існуюча законодавча база з питань міжнародного сполучення та перевезення вантажів не в повній мірі відповідає міжнародним вимогам, які обумовлені європейськими конвенціями та угодами. Основними недоліками існуючої системи пропуску транспортних засобів через державний кордон України, у тому числі транзиту, є неузгодженість в роботі контрольних служб та часті порушення ними існуючого законодавства. За оцінками фахівців затримка транспортних засобів на кордонах України у 3-4 рази перевищує термін цієї процедури в країнах Європи, а вартість послуг з догляду транспортних засобів і вантажів вдвічі більша.

© С.М. Шарай, Д.О. Дехтяренко, В.М. Ященко, К.О. Майданик

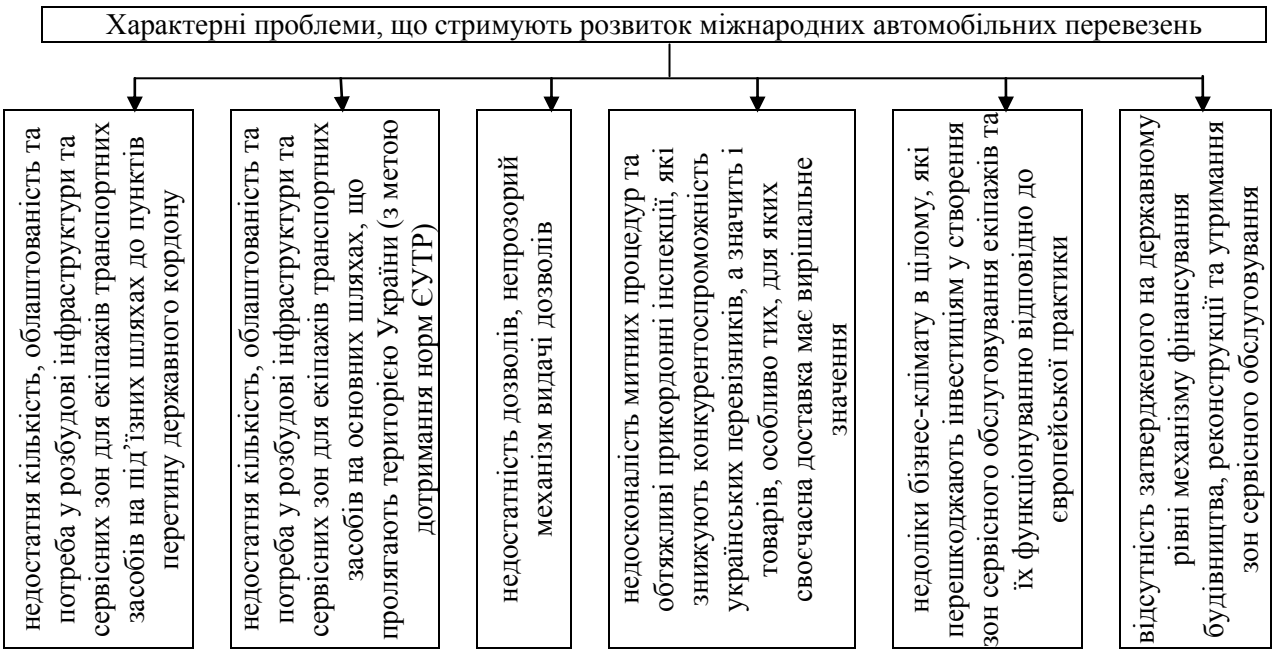


Рис. 2 **Характерні проблеми, що стримують розвиток міжнародних перевезень автомобільним транспортом**

З метою поліпшення становища та інтеграції національної мережі міжнародних транспортних коридорів до Європейської транспортної системи доцільно здійснити ряд заходів, впровадження яких заходів дозволить прискорити адаптацію транспортної системи України до Європейської спільноти:

- прискорити процес адаптації українського законодавства до законодавства ЄС;
- розробити та затвердити в установленому порядку і увести в дію єдиний для всіх пунктів пропуску порядок перетину державного кордону України транспортними засобами, в тому числі транзитними, який повністю відповідатиме вимогам міжнародних конвенцій та угод з цього питання;
- вивчити та підготувати обґрунтовані пропозиції щодо створення і розвитку в Україні мережі митних терміналів для приймання і тимчасового зберігання вантажів, що перевозяться в міжнародному сполученні, з метою скорочення затримки транспортних засобів під час виконання митних процедур.

Реалізація цих заходів може забезпечити протягом одного року збільшення обсягів транзитних перевезень через територію України іноземними перевізниками на 15-20% і дозволить додатково залучити до бюджету 5-7 млн. доларів.

Можливості застосування методів транспортної логістики на автомобільному транспорті потребують реалізації ряду стратегічних завдань (рис. 3).

© С.М. Шарай, Д.О. Дехтяренко, В.М. Ященко, К.О. Майданик

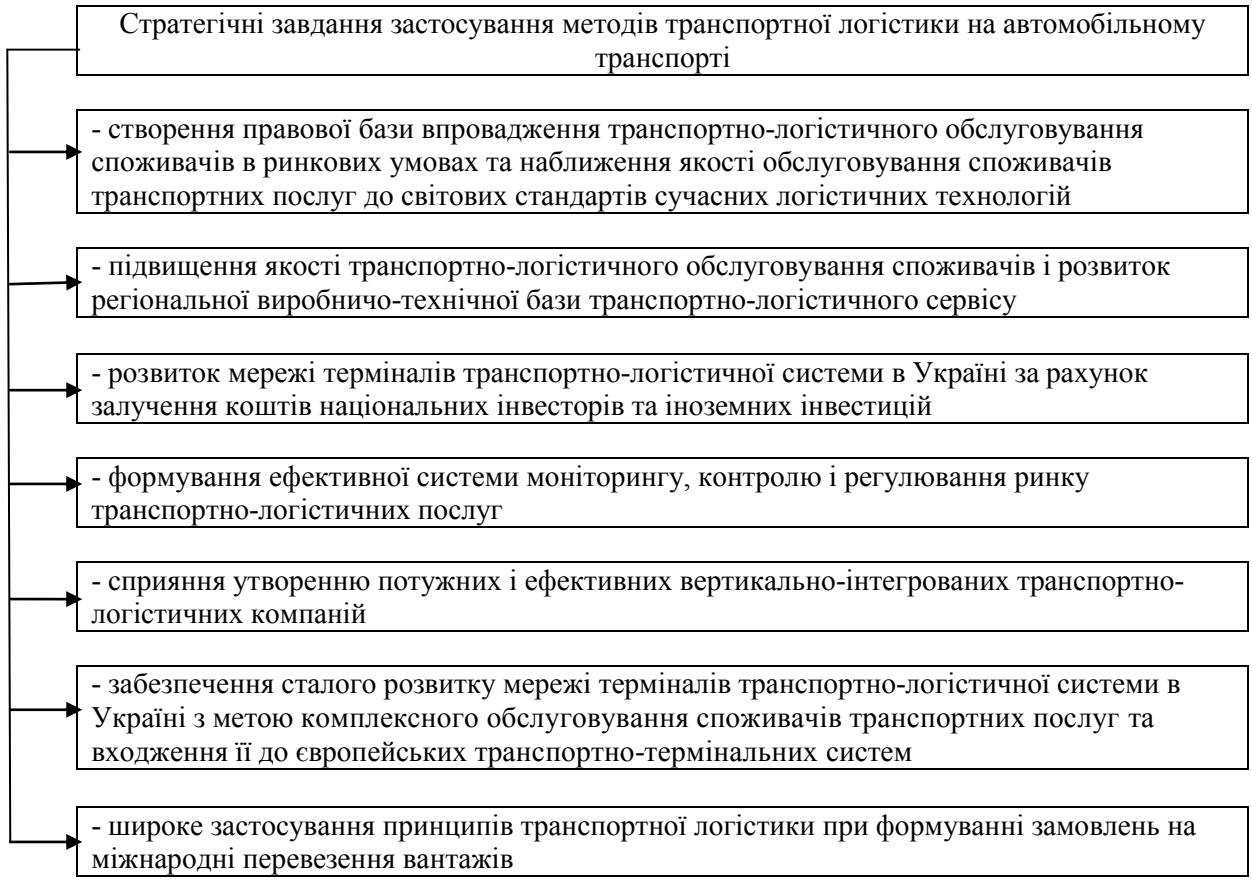


Рис. 3. **Стратегічні завдання застосування методів транспортної логістики на автомобільному транспорті**

Використання досягнень логістики на транспорті є запорукою підвищення ефективності вітчизняного транспортного комплексу та активізації його інтеграції до світової транспортної системи. Ратифікація Україною Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, вимагає від нашої країни приведення параметрів функціонування сфери міжнародних перевезень вантажів до вимог європейських норм. Основними напрямами та завданнями для подальшого розвитку та підвищення ефективності міжнародних автомобільних перевезень з використанням принципів логістики, з урахуванням пріоритетів, визначених Транспортною стратегією України на період до 2020 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. N 2174-р [2] є:

- функціонування ефективної системи державного регулювання діяльності транспорту для забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків України та розвитку транзитних перевезень;
- удосконалення митних процедур та механізму переміщення транзитних вантажів через державний кордон України;
- спрощення процедури переміщення вантажів через державний кордон та обґрунтоване скорочення часу, необхідного для проведення контрольних процедур у пунктах пропуску через державний кордон, приведення умов роботи таких пунктів пропуску у відповідність з європейськими нормами;
- подальший розвиток інфраструктури міжнародного транзиту - розробка програми функціонування національної мережі;
- створення мережі логістичних (нагромаджувально-розподільчих) центрів на мережі транспортних коридорів, розширення їх функцій з метою найбільшого задоволення потреб користувачів;

- створення комплексних інформаційних систем управління, контролю та ідентифікації вантажів і контейнерів, повідомлення про прибуття;
- оснащення транспортних засобів супутниковими навігаційними системами, інтегрованими до єдиної системи координатного управління;
- збільшення обсягу та номенклатури вантажів, що перевозяться в контейнерах;
- запровадження електронного документообігу;
- удосконалення тарифно-цінової та податкової політики;
- розроблення та впровадження сучасних технологій та забезпечення взаємодії усіх учасників транзитних перевезень вантажів;
- подальше розширення міжнародного співробітництва у сфері транзитних перевезень;
- широке застосування методів і принципів логістики при здійсненні міжнародних перевезень вантажів.

Висновки. Визначені проблеми, що стримують розвиток міжнародних автомобільних перевезень. Показано, що використання досягнень логістики на транспорті є запорукою підвищення ефективності вітчизняного транспортного комплексу та активізації його інтеграції до світової транспортної системи.

Література

1. «Перелік пунктів пропуску через державний кордон, в яких здійснюється переміщення товарів через митний кордон України», затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 21.05.2012 року № 435.

2. «Транспортна стратегія України на період до 2020 року», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. N 2174-р.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© С.М. Шарай, Д.О. Дехтяренко, В.М. Ященко, К.О. Майданик

УДК 625.7/8

О.П. Шимчук, О.В. Андрійчук, В.О. Процюк
Луцький національний технічний університет

ВІДПОВІДНІСТЬ СТАНУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ВИМОГАМ ДЕРЖАВНИХ НОРМ НА АВТОМОБІЛЬНІЙ ДОРОЗІ ОБЛАСНОГО ЗНАЧЕННЯ О031696 В ШАЦЬКОМУ РАЙОНІ

В статті проаналізовано відповідність стану безпеки дорожнього руху вимогам державних норм і стандартів, внесено пропозиції щодо вдосконалення організації дорожнього руху та наведені результати обстеження покриттів автомобільної дороги обласного значення О031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/ в Шацькому районі Волинської області. Встановленні найбільш типові пошкодження та деформації конструкцій дорожнього одягу, розроблено заходи та запропоновано методи, спрямовані на розвиток, удосконалення та покращення існуючого експлуатаційного стану покриття автомобільної дороги та безпеки дорожнього руху на даній автомобільній дорозі.

Ключові слова: *безпека дорожнього руху, автомобільна дорога, експлуатаційний стан, обстеження, покриття.*

А.П. Шимчук, А.В. Андрийчук, В.А. Процюк
Луцкий национальный технический университет

СООТВЕТСТВИЕ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НОРМ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ ОБЛАСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ О031696 В ШАЦКОМ РАЙОНЕ.

В статье проанализированы соответствие состояния безопасности дорожного движения требованиям государственных норм и стандартов, внесены предложения по совершенствованию организации дорожного движения и приведены результаты обследования покрытий автомобильной дороги областного значения О031696 Шацк - Залесье - Грабово - Старовойтово - / М-07 / в Шацком районе Волынской области. Установлены наиболее типичные повреждения и деформации конструкции дорожной одежды, разработаны мероприятия и предложены методы, направленные на развитие, совершенствование и улучшение существующего эксплуатационного состояния покрытия автомобильной дороги и безопасности дорожного движения на данной автомобильной дороге.

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения, автомобильная дорога, эксплуатационное состояние, обследование, покрытие.*

A. Shimchuk, A. Andriychuk, V. Protsiuk
Lutsk National Technical University

COMPLIANCE WITH ROAD SAFETY REQUIREMENTS OF GOVERNMENT REGULATIONS ON THE ROAD OF REGIONAL SIGNIFICANCE IN O031696 SHATSKY DISTRICT.

The article analyzes the compliance status of road safety requirements of government regulations and standards, made suggestions for improving traffic management and the results of a survey of the road covering regional value O031696 Shack - Zalesie - Hrabovo - Starovoitova - / M-07 / in Shatsky district of Volyn region. Established the most typical damage and deformation of the pavement structure, developed activities and propose methods to develop, improve and improve the existing operational status of coverage of the road and road safety on this road.

Keywords: *road safety, highway, operational status, survey coverage.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день для більшості країн світу ефективне забезпечення безпеки дорожнього руху є одною із стратегічних завдань національної безпеки.

Вкрай актуальним є це питання і для України. Безпека руху по дорогах може бути досягнута лише при умові одночасного проведення комплексу заходів: вдосконалення конструкцій автомобілів, інших транспортних засобів і утримання транспортних засобів в належному технічному стані; строгого дотримання водіями і пішоходами правил дорожнього руху; забезпечення планом і поздовжнім профілем доріг можливості руху автомобілів з високими швидкостями; підтримання дорожньо-експлуатаційною службою транспортних якостей доріг шляхом забезпечення необхідної міцності, рівності, коефіцієнтів зчеплення покрить, необхідних відстаней видимості; належної інформованої водіїв про дорожні умови і правильні режими руху шляхом встановлення дорожніх знаків, нанесення розмітки.

До засобів організації дорожнього руху відносяться: дорожні знаки, дорожня розмітка, світлофорне регулювання, напрямні стовпчики, бар’єрне огородження, пішохідне огородження, вставки розмічальні дорожні, протизасліплюючі екрани, шумозахисні стінки.

© О.П. Шимчук, О.В. Андрійчук, В.О. Процюк

На автомобільній дорозі обласного значення О031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/ в Шацькому районі Волинської області в повній мірі не забезпечено відповідної безпеки на організації дорожнього руху через відсутність всіх необхідних засобів організації дорожнього руху. Тому для покращення безпеки та організації дорожнього руху необхідно виконати заходи наведені нижче.

Результати дослідження. Основні заходи відповідності стану безпеки дорожнього руху вимогам державних норм на автомобільній дорозі обласного значення О031696 в Шацькому районі Волинської області наведені нижче.

Обласна автомобільна дорога О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/ загальною довжиною 26,80 км. Дорога має ділянки з твердим покриття і побудована з параметрами IV технічної категорії, а також має ділянки з щебенево-піщаного покриття, які належать до V технічної категорії. Тип поверхні – полегшений перехідний.

Дорога розпочинається в смт. Шацьк та проходить через населені пункти Шацького району с. Залісся та с. Грабове.

Так як автомобільна дорога О 031696 проходить в межах населених пунктів:
- смт. Шацьк ПК 0+00 … ПК 18+40;
- с. Світязь ПК 28+10 … ПК 71+35;
- с. Залісся ПК 145+70 … ПК 148+95;
- с. Грабове ПК 207+90 … ПК 232+90,

тому вздовж даної автомобільної дороги на вказаних нижче пікетах необхідно передбачити влаштування тротуарів або пішохідних доріжок для пішоходів відповідно:
- смт Шацьк від ПК 0+00 до ПК 18+40;
- с. Світязь ПК 28+10 … ПК 71+35;
- с. Залісся – від ПК 145+70 … ПК 148+95;
- с. Грабове – ПК 207+90 … ПК 215+48, ПК 217+90 … ПК 225+55, ПК 227+32 … ПК 232+90.

Крім того, в межах вулиць населених пунктів с. Залісся та с. Грабове відсутнє дорожнє покриття, тротуари та пішохідні доріжки. Покриття вулиць є піщане. Тому на них необхідно передбачити влаштування дорожнього покриття та тротуарів.

Даний захід дозволить запобігти виходу пішоходів на проїзну частину і тим самим покращить безпеку дорожнього руху.

Для покращення безпеки дорожнього руху на а/д О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/ необхідно забезпечити в темну пору доби функціонування вуличного освітлення. Зокрема, в межах населених пунктів смт. Шацьк та с. Грабове необхідно перевірити функціонування існуючого, а в межах населеного пункту с. Залісся ПК 145+70 … ПК 148+95 – влаштувати нове вуличне освітлення.

На всій протяжності даної а/д між населеними пунктами відсутні узбіччя, що негативно впливає на безпеку дорожнього руху, тому необхідно влаштувати по обидві сторони від проїзної частини узбіччя шириною 2,0 м, в тому числі укріпленого кам’яним матеріалом або асфальтобетоном шириною не менше 0,5 м.

Для покращення організації дорожнього руху на а/д О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/ необхідно встановити відсутні дорожні знаки, а саме:

- 1.2 «Небезпечний поворот праворуч» на ПК 215+15 в прямому напрямку руху (рис. 1);
- 1.3.1 «Декілька поворотів» на ПК 234+51 в прямому напрямку руху та на ПК 237+40 в зворотному напрямку руху;
- 1.3.2 «Декілька поворотів» на ПК 181+35 в прямому напрямку руху та на ПК 189+83 в зворотному напрямку руху;
- 2.3, 7.8 «Головна дорога», «Напрямок головної дороги» на ПК 223+05, ПК 226+75 в прямому напрямку руху та ПК 223+40 в зворотному напрямку;
- 5.41 «Місце зупинки автобуса» на ПК 225+35 в прямому напрямку та ПК 226+00 у зворотному напрямку;
- 5.45 «Початок населеного пункту» на ПК 226+75 у прямому напрямку руху та ПК 148+95 у зворотному напрямку;
- 5.46 «Кінець населеного пункту» на ПК 148+95 у прямому напрямку руху та ПК 208+42, ПК 252+37 у зворотному напрямку для позначення меж населених пунктів.

© О.П. Шимчук, О.В. Андрійчук, В.О. Процюк



Рис. 1. **Відсутність знаку 1.2 на ПК 215+15 а/д О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/**

На автомобільний дорозі О031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/ є три типи дорожнього покриття. Зокрема, в межах пікетів:
- ПК 0+00 … ПК 145+70 (смт. Шацьк) – асфальтобетонне;
- ПК 145+70 … ПК 225+65 (с. Залісся, с. Грабове) – бруківка;
- ПК 225+65 … ПК 254+65 – піщано-щебеневе.

Покриття даної автомобільної дороги в межах несених пунктів с.Залісся ПК 145+70 … ПК 148+95 (рис. 2) та с. Грабове ПК 207+90 … ПК 232+90 влаштоване і з бруківки на якому спостерігаються дефекти у вигляді вибоїн, нерівності покриття. Для покращення стану покриття дороги (рис. 3), безпеки руху, зниження рівня шуму в межах населених пунктів необхідно влаштувати вирівнюючий шар та верхній шар з асфальтобетону, а також передбачити укріплення узбіччя.



Рис. 2. **Дефекти дорожнього покриття на ПК 145+70 а/д О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/**

© О.П. Шимчук, О.В. Андрійчук, В.О. Процюк



Рис. 3. **Дефекти дорожнього покриття на ПК 205+34 а/д О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/**

В межах пікетів ПК 225+65 … ПК 254+65 автомобільної дороги О031696 влаштоване щебенево-піщане покриття. Спостерігаються такі види дефектів: нерівності покриття, вибоїни, неукріплене узбіччя (рис. 4). На даній ділянці необхідно передбачити ремонтні роботи по влаштуванню конструкції дорожнього одягу, із кам'яних шарів основи і двошарового асфальтобетонного покриття та укріплення узбіч.



Рис. 4. **Стан дорожнього покриття (нерівності покриття, неукріплене узбіччя) на ПК 252+38 а/д О 031696 Шацьк - Залісся - Грабове - Старовойтове - /М-07/**

Варто зауважити, що на переході Адамчуки – Збереже (Польща) (рис. 5) від ПК 107+11 – до державного кордону відсутній будь – який тип покриття. Оскільки на даній ділянці планується створення міждержавного переходу то необхідно передбачити ремонтні роботи по влаштуванню конструкції дорожнього одягу, із кам'яних шарів основи і двошарового асфальтобетонного покриття та укріплення узбіч.

© О.П. Шимчук, О.В. Андрійчук, В.О. Процюк



Рис. 5. **Державний кордон України, перехід Адамчуки – Збереже (Польща)**

Висновки. Зменшити негативний вплив на безпеку дорожнього руху та ймовірність виникнення ДТП на автомобільній дорозі обласного значення О031696 в Шацькому районі Волинської області можливо забезпечивши організацію дорожнього руху відповідними засобами організації дорожнього руху, яких не вистачає на даній дорозі.

Література

1. ДБН В.2.3-4-2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Укрархбудінформ, 2007. – 117 с.

2. ДСТУ 4100-2002. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. – К.: Держстандарт України, 2000. – 109 с.

3. ДСТУ 2587:2010. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 56 с.

4. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці і залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану : ДСТУ 3587-97 – [Чинний від 1998-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1997. – 22 с.

5. Аналіз безпеки і порядку дорожнього руху в Шацькому районі Волинської області (в рамках проекту «Підвищення рівня безпеки користувачів транспортної мережі на прикордонних територіях Польщі, Білорусі, України») – Луцьк: Луцький НТУ, [код 71.20.1 згідно ДК 016-2010] – 2015. – 185 с.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© О.П. Шимчук, О.В. Андрійчук, В.О. Процюк

УДК 621.891

С.П. Шимчук[1], П.П. Савчук[1], О.П. Герасимчук[1], О.В. Кущев[2]
[1]Луцький національний технічний університет
[2]Національний авіаційний університет

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНО-ТУРБУЛЕНТНОГО МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Показано, що найбільш ефективним способом очищення поверхонь тертя підшипників кочення є безконтактний магнітно-турбулентний вплив як на робочі поверхні підшипників так і на мікрочастини забруднень, що мають різну природу. Для пояснення такої взаємодії нами було досліджено та математично підтверджено як впливає конструкція підшипника на процес безконтактного очищення, обгрунтовано гідродинамічні умови, виконання яких є необхідною складовою ефективного очищення підшипників від забрудень

Ключові слова: *поверхні тертя, підшипник кочення, магнітно-турбулентне очищення, мікрочастинки*

S. Shumchuk[1], P. Savchuk[1], O. Gerasymchuk[1], O. Kuschev[2]
[1]Lutsk National Technical University
[2]National Aviation University

PHYSICAL AND MATHEMATICAL RESEARCH OF MAGNETIC-TURBULANCE CLEANING METHOD OF ROLLING BEARINGS

It is shown that the most effective method of cleaning the friction surfaces of rolling bearings is a non-contact magnetic-turbulance impact on the working surfaces of bearings and contamination of microparticles that have different nature. To explain this interaction we explored and mathematically proved how a bearing structure influences on the process of non-contact cleaning, justified hydrodynamic conditions, the implementation of which is a necessary component of effective bearings cleaning from contamination.

Keywords: friction *surfaces, rolling bearings, magnetic- turbulence cleaning, microparticles*

С.П. Шымчук[1], П.П. Савчук[1], О.П. Герасымчук[1], О.В. Кущев[2]
[1]Луцкий национальный технический університет
[2]Национальный авиационный університет

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНО-ТУРБУЛЕНТНОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Показано, что наиболее эффективным способом очистки поверхностей трения подшипников качения является бесконтактное магнитно-турбулентное влияние как на рабочие поверхности подшипников так и на микрочастицы загрязнений, имеющих разную природу. Для объяснения такого взаимодействия нами было исследовано и математически доказано как влияет конструкция подшипника на процесс бесконтактной очистки, обоснованно гидродинамические условия, выполнение которых является необходимой составляющей эффективной очистки подшипников от загрязнений

Ключевые слова: *поверхности трения, подшипник качения, магнитно-турбулентная очистка, микрочастицы*

Постановка проблеми. Для видалення забруднень, що потрапляють на поверхні елементів підшипників кочення під час виробництва, експлуатації, ремонту тощо, існує велика кількість методів очищення. Ці методи використовують складні фізико-хімічні і механічні процеси. Ефективність методів очищення залежить від властивостей миючого середовища, розміру частинок, властивостей і характеру забруднень, технологічних режимів очищення, конструктивних особливостей деталей, агрегатів і систем, що очищуються. Навіть найбільш сучасні методи очищення не враховують особливості конструкції підшипників кочення, що суттєво погіршує якість видалення забруднень

Аналіз досліджень та публікацій. Тривалість процесу очищення деталей, агрегатів і систем сучасних машин, залежно від складності та класу точності, досягає 10-15% від загальних витрат часу на їх виготовлення та складання [1].

До особливостей конструкції підшипників кочення, що ускладнюють процес видалення забруднень, слід віднести:

- перекривання значної частки (від 30 до 90%) робочих поверхонь елементами конструкції (кільця, сепаратори, тіла кочення), через що ці поверхні при стаціонарному положенні підшипника в момент очищення не можуть бути ефективно очищені практично всіма існуючими методами [2];

- малий переріз щілин між елементами конструкції, тонкі канали порожнин складного профілю [2];

© С.П. Шимчук, П.П. Савчук, О.П. Герасимчук, О.В. Кущев

- феромагнітна природа переважної кількості елементів конструкції сучасних підшипників, що вносить магнітну складову в утримання забруднення на поверхнях [3-4].

Результатом є формування унікального комплексу проблем, вирішення котрих потребує особливого підходу.

Мета дослідження. Обґрунтування умов видалення механічних забруднень з поверхонь підшипників кочення за допомогою гідродинамічних процесів з подальшою розробкою ефективних методів і засобів їх очищення.

Результати досліджень. Процес очищення робочих поверхонь підшипників кочення, як і усіх деталей та агрегатів, машин і механізмів умовно розділяють на наступні етапи:

– відрив часток з поверхонь та їх зважування потоком рідини;

– транспортування часток забруднення із зони очищення до фільтруючих пристроїв;

– фільтрування миючої рідини.

Параметри гідродинамічного потоку при очищенні металевої поверхні деталі потоком миючої рідини визначають виходячи з теоретичного аналізу гідродинамічної взаємодії миючої рідини із частками забруднень, а також на підставі результатів експериментальних досліджень.

Розглянемо вплив складових сил на забруднення як за відомих методів та засобів, що ґрунтуються на використанні гідродинамічних сил, так і за розробленого магнітно-турбулентного методу очищення трибосистем кочення.

При взаємодії електромагнітних полів з поверхнями деталей підшипника кочення відбувається взаємне переміщення рухомих елементів його конструкції (розкручування підшипника), що перебуває в стадії очищення та формування гідравлічних потоків миючого середовища.

Модель процесу видалення забруднень та залишків змащувальних матеріалів з поверхонь деталей підшипників кочення побудована з використанням наступних припущень:

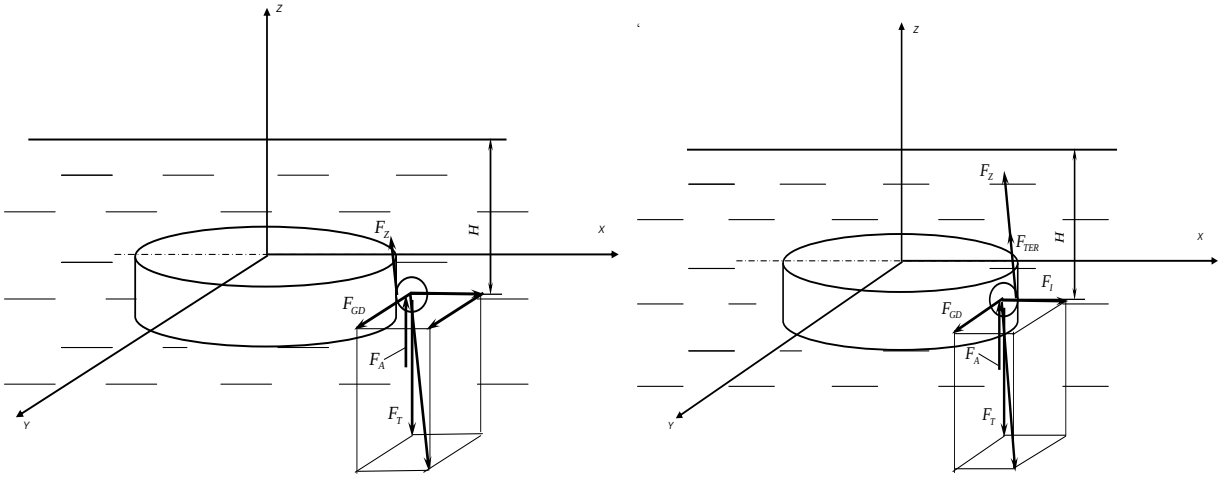
1. Частинка забруднення має сферичну форму.

2. Розглядається зовнішнє кільце підшипника, поверхня якого є ідеальним циліндром.

3. Сила зчеплення частинки забруднення з поверхнею підшипника не залежить від напрямку зміщення забруднення і спрямована протилежно до зміщення.

4. Взаємодія частинки забруднення з підшипником та рідиною з достатньою точністю описується законами класичної механіки та гідравліки.

Розглянемо сили, що діють на забруднення сферичної форми, яке міститься на поверхні кільця підшипника (рис. 1, а, б). Кільце підшипника обертається в миючій рідині.



а *б*

Рис. 1. **Сили, що діють на забруднення сферичної форми: *а* – на зовнішній поверхні кільця підшипника; *б* – на внутрішній поверхні кільця підшипника**

До сил, що діють на забруднення сферичної форми належать:

1. Сила тяжіння

$$F_T = mg\,, \tag{1}$$

© С.П. Шимчук, П.П. Савчук, О.П. Герасимчук, О.В. Кущев

де m – маса частинки забруднення ,кг; g – прискорення вільного падіння $g = 9,8$ м/с^2.

2. Сила зчеплення частинки забруднення з матеріалом кільця підшипника F_Z. Враховуючи, що матеріал забруднення варіюється, сила зчеплення також може мати різну природу, що ускладнює її теоретичне визначення і переводить цю задачу в область експериментальних досліджень.

3. Сила Архімеда, що прагне виштовхнути частинку забруднення з середовища,в якому вона знаходиться (очищувальної рідини):

$$F_A = \rho g V, \tag{2}$$

де ρ – питома маса (густина) рідини, кг/м^3; V – об'єм частинки забруднення, м^3.

Згідно прийнятого нами припущення, що частинка має сферичну форму:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3, \tag{3}$$

r – радіус частинки.

Тоді з врахуванням (3) вираз (2) для визначення сили Архімеда прийме вигляд:

$$F_A = \frac{4}{3}\rho g \pi r^3. \tag{4}$$

Слід зазначити, що сила Архімеда діє не лише на частинку рідини, але й на обойму підшипника. Суттєвим вплив сили Архімеда є за умови, що питома маса матеріалу забруднення є менша за питому масу рідини або одного порядку з нею. Якщо $\rho_Z > \rho$ (ρ_Z – питома маса забруднення кг/м^3), то сила Архімеда не чинить суттєвого впливу на видалення забруднення і її можна не враховувати.

Видалення деяких забруднень можливе ще до надання підшипнику певної частоти обертання на етапі занурення його в рідину.

При цьому можливі два випадки:

1) частинка забруднення спливає на вільну поверхню рідини, якщо

$$F_A > F_T + F_Z. \tag{5}$$

Підставивши в формулу (5) вирази (1), (4) отримаємо умову спливання забруднення на поверхню рідини за умови відсутності обертання підшипника

$$F_Z < \frac{4}{3}\rho g \pi r^3 - mg. \tag{6}$$

2) частинка забруднення опускається на дно миючої камери з рідиною

$$F_A + F_Z < F_T. \tag{7}$$

Підставивши в формулу (7) вирази (1), (4) отримаємо умову опускання забруднення на дно миючої камери з рідиною за умови відсутності обертання підшипника

$$F_Z < mg - \frac{4}{3}\rho g \pi r^3, \tag{8}$$

Аналіз формул (6) та (8) свідчить, що за значних сил зчеплення видалення частинок забруднення в статиці практично не можливо реалізувати. Гідростатичне видалення ефективне лише для частинок забруднень, маса яких на порядок відрізняється від маси рідни.

4. Відцентрова сила інерції

$$F_I = m\omega^2 R, \tag{9}$$

де $\omega = \pi n / 30$ – кутова швидкість обертання кільця підшипника, рад/с; n – частота обертання кільця підшипника, об/хв., R – відстань від центру обертання до центра мас частинки забруднення.

Слід зазначити, що для частинки забруднення, що міститься на зовнішній поверхні кільця підшипника, відцентрова сила сприяє видаленню забруднення, а для частинки, що міститься на внутрішній поверхні кільця підшипника (рис. 1, *б*), навпаки, ускладнює видалення забруднення, створюючи додаткову силу тертя між частинкою забруднення і кільцем підшипника:

$$F_{TER} = k_0 F_I, \tag{10}$$

де k_0 – коефіцієнт тертя спокою, що залежить від матеріалу забруднення та матеріалу кільця підшипника.

© С.П. Шимчук, П.П. Савчук, О.П. Герасимчук, О.В. Кущев

Тоді формула (10) з врахуванням (9) матиме вигляд:

$$F_{TER} = \frac{k_0 \pi^2 m n^2 R}{900}, \tag{11}$$

Тому, за значного підвищення частоти обертання підшипника видалення забруднень з внутрішніх поверхонь кільце підшипника може бути значно ускладнено, що обмежує верхню межу частоти обертання підшипника.

5. Сила опору руху частинки забруднення рідини, яка залежить від швидкості руху рідини (від режиму руху) і визначається:

а) для ламінарного режиму за формулою Стокса

$$F_{GD} = 6\pi\mu r\upsilon, \tag{12}$$

де μ –коефіцієнт динамічної в'язкості рідини Па · с; υ – середня швидкість рідини.

Для ламінарного режиму

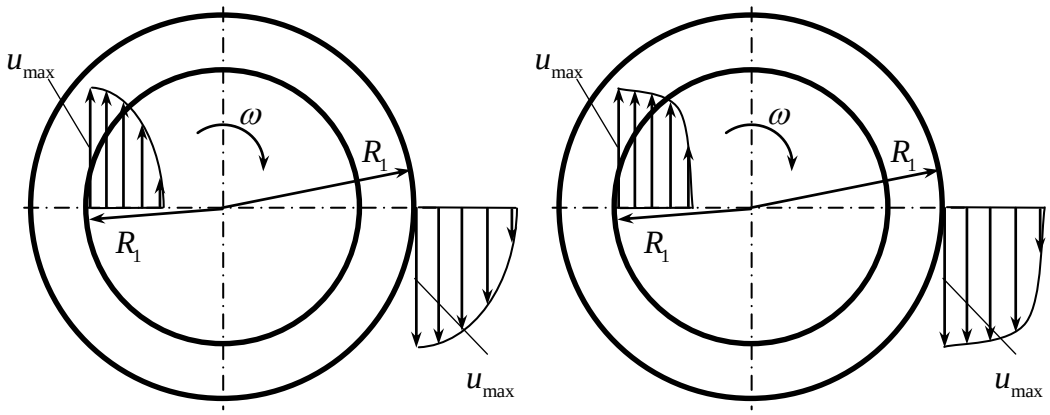
$$\upsilon = u_{\max} / 2, \tag{13}$$

де $u_{\max}$ – максимальна швидкість.

В наслідок наявності в'язкості рідини її шари, що контактують з поверхнею кільця підшипника мають швидкість відносно рухомої поверхні близьку до нуля і рухаються з такою ж швидкістю (рис. 3, а, б). Тому максимальна швидкість:

$$u_{\max} = \omega R_1 = \frac{\pi n R_1}{30}. \tag{14}$$

де R_1 – відстань від центру обертання до точки контакту поверхні підшипника з забрудненням.



а) *б)*

Рис. 2. **Розподіл швидкостей в контактному шарі з поверхнею кільця підшипника: *а* – за ламінарного руху; *б* – за турбулентного руху**

З урахуванням (13) та (14) формула Стокса (12) матиме вигляд

$$F_{GD} = \frac{\pi^2 \mu r n R_1}{10}. \tag{15}$$

б) для турбулентного режиму руху за законом Ньютона

$$F_{GD} = C_x \frac{\rho \upsilon^2}{2} S, \tag{16}$$

де C_x – коефіцієнт лобового опору, що характеризує форму тіла;

υ – середня швидкість рідини. Для турбулентного режиму $\upsilon = u_{\max} / 1{,}15...1{,}3$. Приймемо

$$\upsilon = u_{\max} / 1{,}2, \tag{17}$$

S – площа проекції тіла на площину, що перпендикулярна до напрямку руху. Для сферичної частинки забруднення

© С.П. Шимчук, П.П. Савчук, О.П. Герасимчук, О.В. Кущев

$$S = \frac{\pi r^2}{4}. \tag{18}$$

З врахуванням (14), (17), (18) формула (16) матиме вигляд

$$F_{GD} = C_x \frac{\pi^2 \rho n^2 R_1^2 r^2}{10368}. \tag{19}$$

Таким чином, для видалення забруднення під час обертання підшипника необхідно щоб виконувались наступні гідродинамічні умови:

А) для частинки, що міститься на зовнішній поверхні кільця підшипника:

$$\sqrt{F_{GD}{}^2 + \left(F_T - F_A\right)^2 + F_I{}^2} > F_Z. \tag{20}$$

Б) для частинки, що міститься на внутрішній поверхні кільця підшипника:

$$\sqrt{F_{GD}{}^2 + \left(F_T - F_A\right)^2 + F_I{}^2} - F_{TER} > F_Z. \tag{21}$$

Висновки та рекомендації. Характер переміщення електромагнітного поля забезпечує періодичне розмагнічування матеріалу підшипника, коли сумарний вектор протікання струмів в матеріалі дорівнює нулю і сили магнітної взаємодії забруднення з деталями підшипника зникають. При цьому під дією інших складових сил взаємодії частки забруднення переходять у миючий розчин при виконанні гідродинамічних умов (20), (21). В наступний відрізок часу, коли з'являється зовнішнє магнітне поле (МП) на частку буде діяти сила взаємодії магнітних зарядів, а так як напруженість зовнішнього МП більша за напруженість поля на поверхні деталей трибосистем кочення, це буде сприяти видаленню забруднення в потік в напрямку джерела змінного імпульсного магнітного поля.

Література:

1. *Абрамзон Л. А.* Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1975. 248 с. Тельнов Н. Ф. Технология очистки и мойки сельскохозяйственных машин. М.: Колос, 1973. 295 с

2. Аксьонов О. Ф., Стельмах О. У., Костюнік Р. Є., Кущев О. В Електромагнітна складова утворення феромагнітних забруднень.// Проблеми тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К.: НАУ 2006. – Вип.46. – С. 91 – 102.

3. Аксьонов О.Ф., Костюнік Р.Є., Кущев О.В. Підвищення функціональної якості підшипників кочення шляхом електромагнітного очищення.//Проблеми тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К.: НАУ 2008. – Вип.49. – Т. 1. С.9 – 13.

4. Белянин П.Н., Данилов В.М. Промышленная чистота машин. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© С.П. Шимчук, П.П. Савчук, О.П. Герасимчук, О.В. Кущев

УДК 656.078.1, 656.073.235, 656.073.235

С.В. Ширяєва, Т.І. Конрад
Національний транспортний університет

ЗАЛУЧЕННЯ ІНОЗЕМНОГО ДОСВІДУ РОЗДІЛЕННЯ РУХУ ВАНТАЖНИХ І ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНО-ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

В роботі проаналізовано досвід країн Північної Америки (США, Канада) та країн-членів Європейського Союзу, в т.ч. Нідерландів, з розділення вантажного і пасажирського руху на залізниці, а також ефективність такого розділення для галузі залізничних вантажних перевезень і для економіки цих країн. Враховуючи іноземний досвід розділення пасажирського і вантажного руху залізницею, запропоновано виділити окремий коридор для руху виключно вантажного залізничного рухомого складу, що підвищить ефективність організації автомобільно-залізничних вантажних перевезень в Україні.

Ключові слова: *автомобільно-залізничні перевезення, вантажний коридор, розділення руху поїздів.*

С.В. Ширяева, Т.И. Конрад
Национальный транспортный университет

ПРИВЛЕЧЕНИЕ ИНОСТРАННОГО ОПЫТА РАЗДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В УКРАИНЕ

В работе проанализирован опыт стран Северной Америки (США, Канада) и стран-членов Европейского Союза, в т.ч Нидерландов, по разделению грузового и пассажирского движения на железной дороге, а также эффективность такого разделения для отрасли железнодорожных грузовых перевозок и для экономики этих стран. Учитывая зарубежный опыт разделения пассажирского и грузового движения по железной дороге, предложено выделить отдельный коридор для движения исключительно грузового железнодорожного подвижного состава для повышения эффективности организации автомобильно-железнодорожных грузовых перевозок в Украине.

Ключевые слова: *автомобильно-железнодорожные перевозки, грузовой коридор, разделение движения поздов.*

S. Shyriaieva, T. Konrad
National Transport University

ATTRACTING FOREIGN EXPERIENCE OF SEPARATION OF MOVEMENT FREIGHT AND PASSENGER TRAINS FOR INCREASING EFFICIENCY OF ROAD-RAIL FREIGHT TRANSPORTATION.

The work analyzes the experience of North America (USA, Canada) and Member States of the European Union, and the Netherlands, the separation of freight and passenger traffic on the railroad, and the efficiency of the separation for rail freight sector and for the economy of these countries. Taking into account international experience separation of passenger and freight traffic by rail is proposed to allocate a separate corridor for the movement of freight only railway rolling stock to improve the efficiency of road and rail freight in Ukraine.

Keywords: *road-rail transportation, freight corridor, separation of movement trains.*

Постановка проблеми.

При автомобільно-залізничних перевезеннях, зміни, що виникають на одному з видів транспорту (простій рухомого складу, відхилення в графіках руху, «зрив» доставки) безпосередньо чи опосередковано впливають на інший вид транспорту. Саме тому, важливим є підвищення ефективності доставки вантажу залізницею, як найбільш вагомої складової автомобільно-залізничного вантажного перевезення.

Вантажні та пасажирські поїзди в Україні курсують одними і тими ж коліями, тому неодмінним є загострення «конфліктів» між вантажним та пасажирським сектором залізниці. Розглянемо найбільш вагомі причинами таких «конфліктів».

Експлуатаційні:

- різні швидкості руху вантажних та пасажирських поїздів, вага рухомого складу, кількість вагонів в складі (пасажирські – легкі потоки, вантажні – важкі);
- відмінності у вимогах до будови та оснащення інфраструктурних об’єктів, в т.ч. будови колії (допустиме навантаження на колію, радіуси кривих, градієнти тощо);
- швидке зношування колії та збільшення частоти капітальних ремонтів колії внаслідок спільного користування.

Технологічні:

© С.В. Ширяєва, Т.І. Конрад

- незаплановані зупинки через необхідність пропуску пасажирського поїзда вантажним та навпаки;

- пріоритет у виділенні ниток графіків руху надається пасажирським та швидкісним пасажирським поїздам;

- взаємозалежність відхилень в графіках руху пасажирського та вантажного рухомого складу.

Економічні:

- перехресне субсидування пасажирського сектору за рахунок доходів вантажного сектору;

- на пасажирські та вантажні перевезення протягом доби;

- зменшення доходів від втрати частки ринку транспортних послуг кожним сектором від черговості користування маршрутом.

Організаційні:

- просторові розбіжності та неоднорідність попиту протягом доби на пасажирські та вантажні перевезення;

- аналогічні вимоги пасажирського і вантажного сектору щодо своєчасної доставки, формування маршруту тощо.

Такі «конфлікти» негативним чином впливають на залізничні перевезення у прямому і змішаному сполученнях [1,2]. Логічним кроком для нівелювання таких «конфліктів» є розділення руху пасажирських і вантажних поїздів на залізниці.

В полі зору сучасних українських та закордонних вчених знаходяться питання режимності роботи видів транспорту, а також розподілу залізничної мережі на спеціалізовані лінії з виключно вантажним або пасажирським рухом. Уваги потребують дослідження китайського вченого Хуань Зіпенга про режими комбінованих мультишвидкісних вантажних поїздів; американського вченого Жана-Поля Родріго, який досліджував питання модальності роботи автомобільного та залізничного видів транспорту; українських вчених: Гусак М.А., що розробила метод формування раціональної схеми оволодіння перевезеннями для паралельних залізничних напрямків при впровадженні на одному з них швидкісного руху пасажирських поїздів; Логвінової Н.О., яка досліджувала розподіл поїздопотоків на напрямах з паралельними ходами; Кургана М. Б., дослідження про оптимізацію роботи колії при вирішенні задач розмежування пасажирського та вантажного рухів на залізниці. При аналізі публікацій виявлено, що недостатньо уваги з боку авторів приділено питанню розділення руху вантажних та пасажирських поїздів для підвищення ефективності організації вантажних перевезень у змішаному сполученні. Тому вважається доцільним проаналізувати та залучити іноземний досвід розділення пасажирського та вантажного руху поїздів.

Мета роботи проаналізувати іноземний досвід розділення вантажного і пасажирського руху на залізниці для підвищення ефективності автомобільно-залізничних вантажних перевезень в Україні.

Результати досліджень.

Багато країн вже мають досвід розділення пасажирського і вантажного руху залізниці. В деяких державах, розділення відбулось шляхом реформування залізничного транспорту (Німеччина, Польща, Мексика, Росія) [3], в інших – як наслідок стрімкого розвитку одного з секторів залізничних перевезень (США, Канада, Австралія – вантажного, Китай, Японія – пасажирського). Для Нідерландів, та інших країн-членів ЄС розділення руху поїздів мало економічно обґрунтовані підстави, так як відкривало ринки вантажних перевезень всієї Західної Європи. Проаналізуємо досвід розділення пасажирського і вантажного руху залізницею в Північній Америці та Європі.

Північна Америка. Криза приватних залізничних операторів пасажирського рухомого складу в 1970-х. рр. стала передумовою для розділення вантажного і пасажирського руху поїздів в Північній Америці. Оскільки такі компанії не могли конкурувати з автомобільним і авіаційним транспортом в галузі пасажирських перевезень, вони змушені були вийти з ринку. Бізнес пасажирських залізничних перевезень перейшов у власність держави в США і в Канаді. Пасажирські залізничні перевезення в цих країнах функціонували на орендованій у вантажних залізниць мережі. Таким чином, вантажні поїзди отримали пріоритет перед пасажирськими. Це сприяло збільшенню обсягів вантажних перевезень залізницею. Ще одним фактором, що вивів залізничні вантажні перевезення в Північній Америці на якісно новий рівень стала поява залізничних вантажних коридорів великої дальності – American Landbridge. В США вони

© С.В. Ширяєва, Т.І. Конрад

з'єднують дві основні «системи шлюзів» Північної Америки: Південну Каліфорнію і Нью-Йорк з Нью-Джерсі через Чикаго.

American Landbridge – Північноамериканський сухопутний міст вважають одним з найефективніших в світі, що значно скорочує відстані між східним (портовим) та західним узбережжям, а також включає в себе канадську (Ванкувер – Монреаль – Галіфакс) і мексиканську секцію (Саліна Крус – Котзаколос) та з'єднувальні колії. На відміну від євразійського сухопутного моста, американський має перевагу, оскільки забезпечує трансконтинентальний зв'язок через всю країну (Канаду, США або Мексику) [4]. Альтернативою Північноамериканському сухопутному мосту є перевезення вантажів через Панамський канал, проте в перевезенні таким шляхом різниця в часі є більшою майже на три доби. Північноамериканський Landbridge також конкурує за частку ринку вантажопотоків між Європою і Азією. При вантажному перевезенні морем на подолання цього шляху відводиться в середньому 5-6 тижнів, коли з залученням сухопутного залізничного мосту на це йде в середньому 3-4 тижні.

Європа. Основою мультимодальної транспортної мережі Європейського Союзу є вантажні залізничні коридори (Rail Freight Corridors, RFCs), надалі RFCs. Створення мережі таких коридорів закріплене в положенні «Про європейську залізничну мережу для конкурентоспроможних вантажних перевезень» [5] Правил залізничних вантажних перевезень (Rail Freight Regulation 913/2010). Основна мета формування мережі RFCs – створення єдиного європейського простору залізничних вантажних перевезень, а також вирішення наступних завдань [6]:

- зміцнення співпраці держав в галузі управління інфраструктурою, а саме: виділення та розподіл маршрутів, інтероперабельність взаємодіючих систем, розвиток інфраструктури;
- досягнення балансу вантажних і пасажирських перевезень вздовж залізничних вантажних коридорів;
- сприяння інтермодальності між залізничним та іншими видами транспорту за рахунок інтеграції терміналів у вантажний коридор.

Очікується, що такі коридори сприятимуть розвитку співробітництва між державами-членами об'єднання, а також поліпшать якість вантажних залізничних перевезень в межах ЄС і з сусідніми державами. Основні елементи вантажного залізничного коридору схематично зображено на рис. 1.



Рис. 1. **Елементи вантажного залізничного коридору**

На теперішній час Європейським Союзом завершено процес формування єдиної мережі вантажних залізничних коридорів. У листопаді 2015 року почали функціонувати три коридори, інші шість коридорів були запущені ще в листопаді 2013 року. Маршрути двох коридорів (RFC:6) та (RFC:9) підходять до державного кордону України.

У Нідерландах, як однієї з країн-членів ЄС, на вантажні залізничні перевезення розповсюджуються правила перевезення вантажів залізничним транспортом в Європейському Союзі (ЄС). Це стосується і вимог до тягового рухомого складу, що має ретельно тестуватися на придатність використання у всіх 27 країнах ЄС. Актуальним для країни є впровадження Єдиної європейської залізничної системи безпеки – Європейської системи управління залізничним рухом.

Пропускну спроможність залізничної мережі в цій країні було підвищено за рахунок виділення окремих колій для руху виключно вантажних та виключно пасажирських поїздів. Також, шляхом об'єднання поїздів з аналогічними характеристиками на цих маршрутах було підвищено експлуатаційні характеристики мережі.

З 2007 року в Нідерландах функціонує двоколійний 160 км вантажний залізничний маршрут Бетуве (Betuweroute) з Нідерландів до Німеччини [7]. Його було побудовано виключно для вантажного залізничного руху між Королівством Нідерланди та Німеччиною, проте міжнародні вантажні поїзди за встановлену плату (з розрахунку за відстань транспортування) мають можливість ним скористатися. Для підвищення пропускної здатності маршруту Бетуве та покращення вантажного залізничного сполучення планується прокласти додаткову ділянку шляху між містами Зевенар (Нідерланди) і Оберхаузен (Німеччина), рис. 2., який буде завершено в 2022 році.



Рис. 2. **Перспективне продовження залізничного маршруту Betuweroute**

У зв'язку з необхідністю переробки зростаючих обсягів вантажопотоків, вже побудовано перші термінали Маасвлакте, що будуть введені в експлуатацію в цьому році. Також, в Нідерландах ведеться робота з розширення маршруту Еммеріх-Оберхаузен. Проект почато в 2016 р. і планується закінчити до 2022 року. В рамках цього проекту планується прокласти додаткові ділянки маршруту 70 км і 3 км; побудувати 74 км шумопоглинаючих бар'єрів; модернізувати 11 станцій; побудувати або модернізувати 47 шляхопроводи і мости; замінити 55 переїздів. Такі заходи сприятимуть подальшому збільшенню обсягів вантажних залізничних перевезень в країні і на європейських транспортних коридорах, до яких вона приєднана.

Розділення пасажирського і вантажного руху залізниць за кордоном, в цілому має позитивний ефект і для галузі залізничних вантажних перевезень, і для економіки цих країн. Розділення сприяло збільшенню обсягів вантажних перевезень, підвищенню їхньої ефективності та рентабельності. Таким чином, враховуючи іноземний досвід з розділення вантажного і пасажирського руху поїздів, та територіальну наближеність європейської мережі залізничних вантажних коридорів до українського кордону, доцільним є виділенням окремого коридору для руху виключно вантажного залізничного рухомого складу в Україні.

Висновки.

В роботі проаналізовано досвід країн Північної Америки (США, Канада) та країн-членів Європейського Союзу, в т.ч. Нідерландів, з розділення вантажного і пасажирського руху на залізниці, а також ефективність такого розділення для галузі залізничних вантажних перевезень, і для економіки цих країн. Враховуючи іноземний досвід розділення пасажирського і вантажного руху залізницею, запропоновано виділити окремий коридор для руху виключно вантажного залізничного рухомого складу, що підвищить ефективність організації автомобільно-залізничних вантажних перевезень в Україні.

© С.В. Ширяєва, Т.І. Конрад

Література

1. Ширяєва С.В. Аналіз закордонного досвіду організації автомобільно-залізничних перевезень вантажів. / С. В. Ширяєва, Т. І. Конрад // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2012. – Вип. 10., С 292-297.

2. Конрад Т.І. Дослідження впливу реформування галузі залізного транспорту України на організацію автомобільно-залізничних вантажних перевезень / Т.І. Конрад // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць конф., (18.11-20.11.2015): тез. наук.-практ. конф. студенів та молодих вчених, Харків / відп. Ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Сєвєродонецьк: СНУ ін. В. Даля, 2015. – С. 50-52.

3. Тесленко Т.В. Темпи реформування системи управління на залізницях окремих держав світу / Т.В. Тесленко // Вісн. наук. праць ДПТ. – Вип.1. – Д.: ДІІТ, 2003. С. 68-73.

4. Jean-Paul Rodrigue. The Geography of Transport Systems, 3-rd edition, New York: Routledge, 2013, pp. 416.

5. Handbook on the Regulation concerning a European rail network for competitive freight (Regulation EC 913/2010), Brussel, 2011, pp. 57.

6. RNE RailNetEurope [Електронний ресурс]: Rail Freight Corridors (RFCs), 2016, Режим доступу: http://www.rne.eu/rail-freight-corridors-rfcs.html

7. Government of the Netherlands [Електронний ресурс]: Freight transport, 2016, Режим доступу: https://www.govenment.nl/topic/freight-transportation

Стаття надійшла в редакцію 26.04.2016

© С.В. Ширяєва, Т.І. Конрад