

# **НАУКОВІ НОТАТКИ**

**Міжвузівський збірник  
(за галузями знань «Технічні науки»)**

**Випуск 55  
(липень-вересень)  
2016**

**Луцьк 2016**

## 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); Савчук П.П., 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 PhD, Глїндворський 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 ДОПISУВАЧІ, 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](mailto: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

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

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

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

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

## CONTENTS

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



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

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

**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 закріпленням 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 велосипедною моделлю.*

*Ключевые слова:* автомобіль, поворотність, колея, 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 проблеми.**

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.

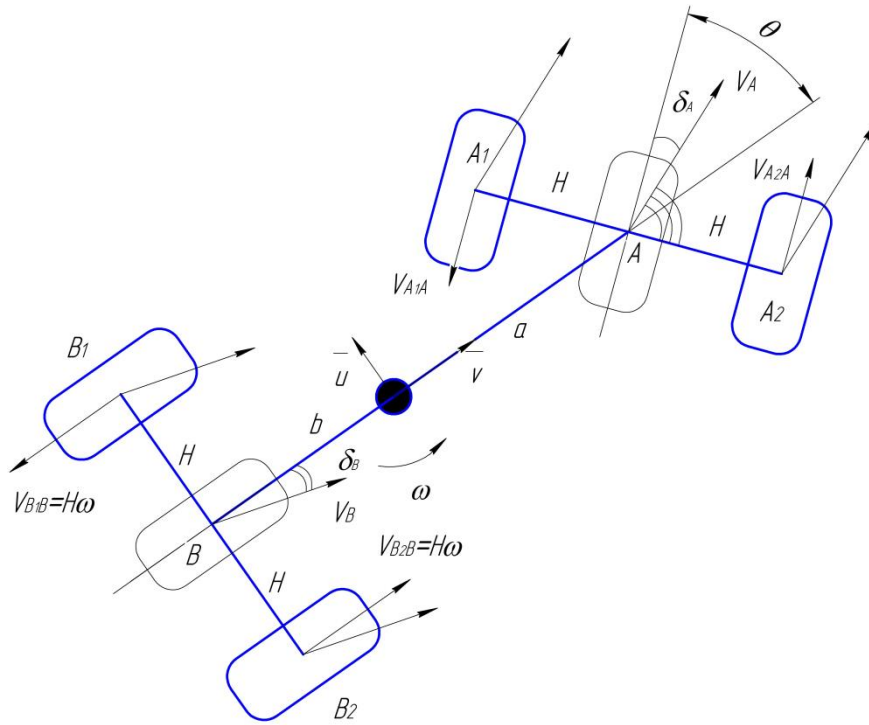


Рис. 1. Схема плоской модели автомобиля с учетом колес

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:

$$\vec{V}_{A_1} = \vec{V}_A + \vec{V}_{A_1A}; \quad \vec{V}_{A_2} = \vec{V}_A + \vec{V}_{A_2A}. \quad (1)$$

Векторы скорости относительного движения  $V_{A_1A}, V_{A_2A}$  совпадают по модулю и противоположны по направлению

$$V_{A_1A} = V_{A_2A} = H \cdot \omega. \quad (2)$$

Углы увода определяются соотношениями:

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

которые при малых значениях  $\omega$  эквивалентны  $\delta_B$  и  $\delta_A$ :

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

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

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

$$\delta_B = \frac{-u + b\omega}{V}; \quad \delta_A = \theta - \frac{u + a\omega}{V}. \quad (5)$$

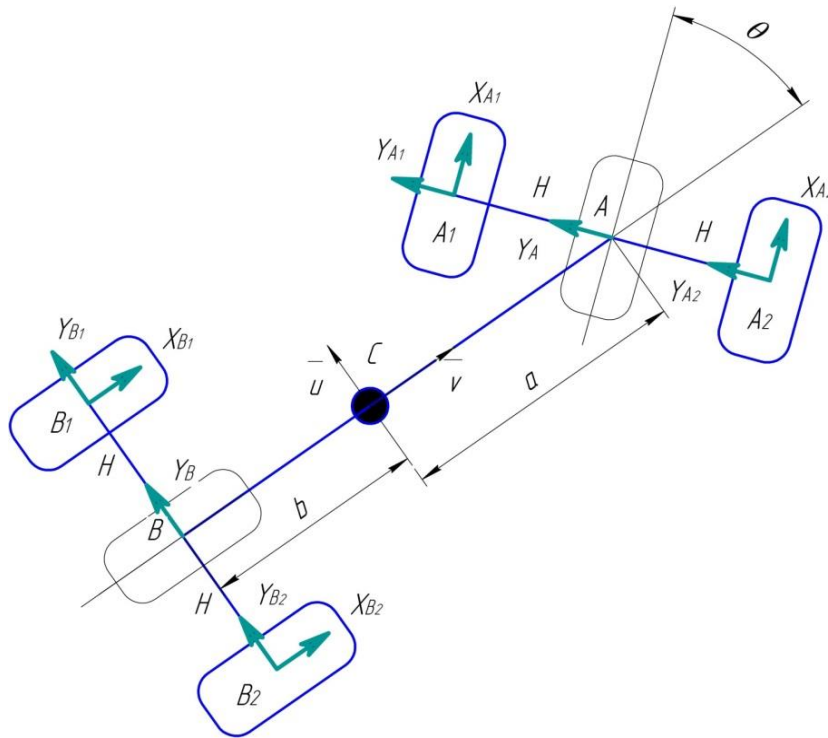


Рис. 2. Схема сил в плоской модели автомобиля с учетом колес

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 колес имеют вид:

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

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;

$\omega$  - угловая скорость автомобиля относительно вертикальной оси;

система дифференциальных уравнений движения в плоскости дороги ( $u$ ,  $\omega$ ,  $\psi$ ,  $x$ ,  $y$ ):

$\psi$  - 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);  $k_{ij}$  - коэфф. увода на осях;  $f_{ij}$  - коэфф. сцепления при определении боковых сил увода;  $\theta$  - устанавливаемый угол поворота колес

управляемого модуля;  
силы увода:

$$\begin{aligned} Y_{11} &= k_{11} \cdot \delta_{11} / \sqrt{1 + ((k_{11} \cdot \delta_{11}) / (Z_{11} \cdot f_{i1}))^2}; \\ Y_{12} &= k_{12} \cdot \delta_{12} / \sqrt{1 + ((k_{12} \cdot \delta_{12}) / (Z_{12} \cdot f_{i1}))^2}; \\ Y_{21} &= k_{21} \cdot \delta_{21} / \sqrt{1 + ((k_{21} \cdot \delta_{21}) / (Z_{21} \cdot f_{i2}))^2}; \\ Y_{22} &= k_{22} \cdot \delta_{22} / \sqrt{1 + ((k_{22} \cdot \delta_{22}) / (Z_{22} \cdot f_{i2}))^2}; \end{aligned} \quad (7)$$

вертикальные реакции опоры на колеса автомобиля:

$$\begin{aligned} Z_{11} &= m \cdot g \cdot b / (2 \cdot l) - m \cdot v \cdot \omega \cdot b \cdot h / (l \cdot (2 \cdot H)); \\ Z_{12} &= m \cdot g \cdot b / (2 \cdot l) + m \cdot v \cdot \omega \cdot b \cdot h / (l \cdot (2 \cdot H)); \\ Z_{21} &= m \cdot g \cdot a / (2 \cdot l) - m \cdot v \cdot \omega \cdot a \cdot h / (l \cdot (2 \cdot H)); \\ Z_{22} &= m \cdot g \cdot a / (2 \cdot l) + m \cdot v \cdot \omega \cdot a \cdot h / (l \cdot (2 \cdot H)); \end{aligned} \quad (8)$$

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

$$K_U = \frac{k k_2 - k k_1}{k k_1 \cdot k k_2}. \quad (10)$$

### 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  $(\theta_i, v_i^2/R)$ , 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  $\theta_i$ , 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.

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