НУВГП

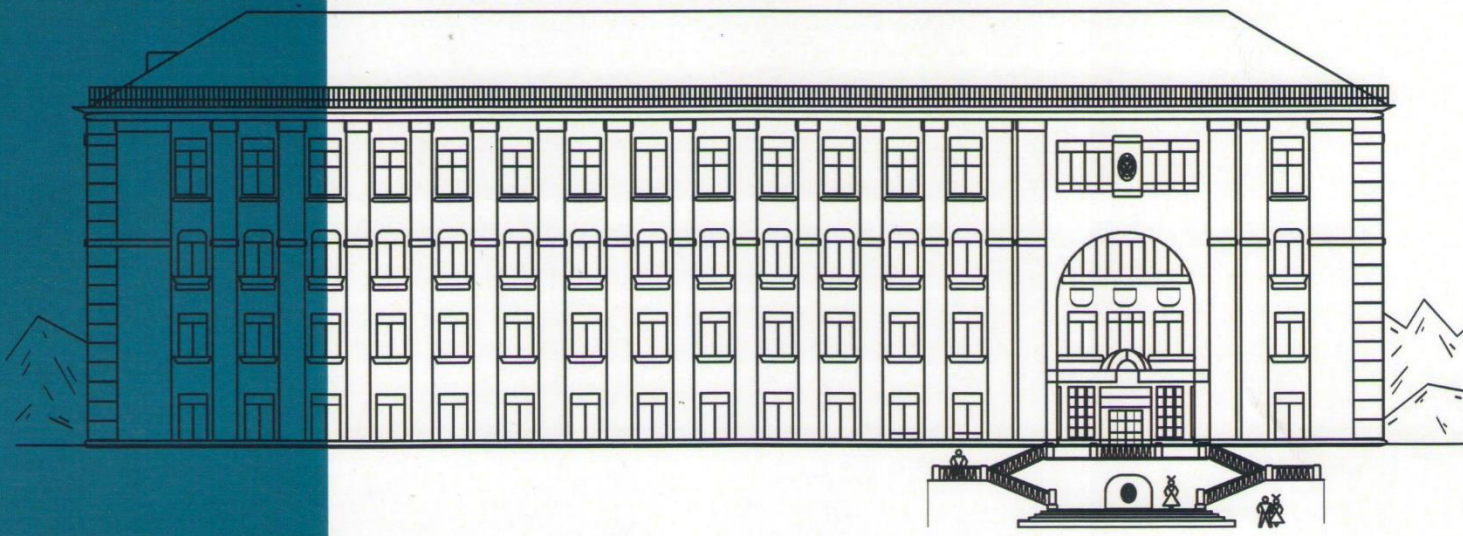
Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗБІРНИК
МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

**ТРЕТЯ
МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ**

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

19-20 ЖОВТНЯ 2022 року



Рівне 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

ТРЕТЯ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

У СПІВПРАЦІ З ФОНДОМ INTERMARIUM

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

19-20 ЖОВТНЯ 2022р.

РІВНЕ – 2022

УДК 621:656.13:347.763:378:001.895
І – 66

Рекомендовано науково-методичною радою з якості навчально-наукового механічного інституту Національного університету водного господарства та природокористування (протокол №2 від 25 жовтня 2022 року)

Рецензенти:

Савіна Н.Б., проректорка з наукової роботи та міжнародних зв'язків Національного університету водного господарства та природокористування, д.е.н., професорка;

Сорока В.С., проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи Національного університету водного господарства та природокористування, к.с.-г.н., доцент;

Марчук М.М., директор навчально-наукового механічного інституту Національного університету водного господарства та природокористування, к.т.н., професор;

Кравець С.В., д.т.н., професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання Національного університету водного господарства та природокористування;

Кристопчук М.Є., к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування;

Козяр М.М., д.п.н., професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування.

Відповідальний за випуск:

Никончук В.М., д.е.н., в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування.

Тези доповідей друкуються в авторській редакції.
Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, поданої в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думкою авторів на викладені проблеми.

Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали ІІІ Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 19-20 жовтня 2022р. Рівне : НУВГП, 2022. 301с. Електронне видання.

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати напрацювань в царині інноваційних технології в будівельному, дорожньому і сільськогосподарському машинобудуванні, ефективного функціонування транспортних систем, логістичного забезпечення транспортних процесів, конструювання, технічної експлуатації і ремонту транспортних засобів, а також вітчизняного та зарубіжного досвіду підготовки фахівців у закладах вищої освіти, виконаних науково-педагогічними та науковими працівниками, докторантами, аспірантами та студентами закладів освіти, науки та інших організацій.

Посвідчення УкрІНТЕІ № 410 від 15.09.2022р.

© Національний університет водного
господарства та природокористування, 2022

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВЕЛЬНОМУ, ДОРОЖНЬОМУ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Галицький Олег	Удосконалення гідромеханічного приводу машин для будівництва та ремонту автомобільних і залізничних шляхів	11
Голотюк Микола **Могілевець Сергій** **Забродоцька Людмила**	Машини для подрібнення матеріалів	13
Голотюк Микола **Налобіна Олена** **Бундза Олег**	Мехатронні системи в управлінні сільськогосподарською технікою	15
Дейнека Катерина **Науменко Юрій** **Матеюк Сергій**	Експериментальне вивчення умов утворення пристінкового шару зв’язного зернистого завантаження обертового барабана	17
Дейнека Катерина **Науменко Юрій** **Мушик Дмитро**	Експериментальне вивчення умов утворення пристінкового шару рідкого та незв’язного зернистого завантаження обертового барабана	22
Дейнека Катерина **Науменко Юрій** **Степанюк Богдан**	Експериментальне вивчення прояву ефекту реологічного гістерезису руху зв’язного зернистого завантаження обертового барабана	28
Забіяка Наталія **Пироженко Євгенія** **Себко Вадим**	Сумісний вимірювальний контроль фізико-механічних параметрів виробів обладнання переробних і харчових виробництв	33
Захаров Андрій **Рибалко Іван**	Підвищення ресурсу деталей робочих органів сільськогосподарської техніки при абразивному зношуванні	37
Кебко Олександр **Чмуж Ярослав**	Визначення стану машин для земляних робіт за величиною загального коефіцієнта корисної дії	39
Кондратюк Олександр **Кобилюс Олександр** **Голоюх Сергій**	Енергетичне дослідження технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей машин	41
Лузан Сергій **Ситников Павло**	Підвищення ресурсу деталей машин з високовуглецевих сталей за рахунок газополуменевого напилення композиційних матеріалів	45
Мохрик Олександр **Нечидюк Анатолій** **Бундза Олег**	Вдосконалення видаткових бункерів дозуючого комплексу з виробництва бетону	47
Налобіна Олена **Заборовська Софія**	Технології та технічні засоби для збирання технічних конопель	50

Нечидюк Анатолій **Холошенко Роман**	Сторічний ювілей випуску першого українського трактора	52
Паламарчук Дмитро **Санкін Ілля**	Система керування механізмом повороту крана	58
Пуць Віталій **Мартинюк Віктор**	Задача оптимізації енерговитрат на виконання технологічного процесу у сільському господарстві	62
Пшеничний Андрій **Рижий Олександр** **Серілко Леонід**	Дослідження кінематики коромисло-повзункового механізму поршневих двигунів внутрішнього згоряння	64
Рибалко Іван **Доценко Олександр**	Застосування зносостійких термооброблених сталей у заміну металокерамічних твердих сплавів	67
Рибалко Іван **Міранович Едуард**	Дослідження відновлення шліцьових поверхонь карбохромуванням	69
Серілко Леонід **Сасюк Зоя** **Серілко Дмитро**	Дослідження нових конструкцій інерційних конвеєрів для транспортування сипких матеріалів	72
Тіхонов Олександр **Дашутін Андрій**	Технологія зміцнення методом нанесення технічної кераміки дискових робочих органів борін	74
Тіхонов Олександр **Крамська Лариса**	Визначення температури в тілі деталі при відновленні рельєфних поверхонь деталей електроконтактним зварюванням з одночасним осаджуванням	77
Чмуж Ярослав **Галицький Олег** **Кебко Олександр**	Низькообертовий високомоментний гідромотор з розміщенням циліндрів по колу в одній площині	80
Шимко Андрій	Аналіз зміни компонентів напружень у ґрунті від дії пруткової сепарувальної поверхні робочого органу картоплезбиральної машини	82

СЕКЦІЯ 2
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ І ЛОГІСТИКА

Hukaliuk Nadiia **Savchenko Lidiia**	Importance of risk management tools application for supply chain	84
Nerubatskyi Volodymyr **Hordiienko Denys**	Increasing the energy efficiency of the charging station for electric vehicles with single-stage conversion of electric energy	87
Nerubatskyi Volodymyr **Hordiienko Denys**	System of electromechanical energy conversion of the electric drive of the rolling stock with inertial energy accumulator	90
Pashkevych Svetlana **Nykonchuk Viktoriia** **Tkachuk Dmytro**	Logistics concepts in the strategic management system	93
Puzikova Valentyna	Railway reform in Ukraine and the role of the public-private partnership in it	97

Puzikova Valentyna	The advantages of the Railway transport and its infrastructure in Ukraine before War 2022	99
Боцман Анастасія	Перспективи розвитку мікромобільності у містах України	101
Вовк Ярослав **Ляшук Олег** **Вовк Юрій**	Мікроперевезення в контексті сталого розвитку транспорту	105
Волошин Дмитро **Волошина Людмила**	Підвищення ефективності виробничих процесів ремонту вагонів методами виробничої логістики	107
Голотюк Вікторія **Пахаренко Володимир**	Впровадження мікрологістичної системи «Kanban» на підприємствах легкої промисловості	110
Голуб Дмитро **Аулін Віктор** **Замуренко Артем**	Удосконалення управління транспортними потоками застосуванням оптимізаційних моделей	113
Городецька Тетяна	Перспективи розвитку транспортної системи України в умовах євроінтеграції	115
Дорощук Вікторія **Дорощук Мирослав** **Коваль Анатолій**	Логістичні процеси в лісовому господарстві	117
Запара Віктор	Зміна порядку визначення часу використання власного вагона перевізника: забаганка АТ «Укрзалізниця» чи нагальна необхідність?	119
Запара Ярослав	Встановлення обґрунтованих тарифів на залізничні вантажні перевезення як вимога часу	123
Кириченко Костянтин	Дослідження мореxідних якостей судна з використанням комп'ютерних технологій і систем	126
Лифенко Сергій **Понкратов Денис,** **Севідова Юлія**	Умови забезпечення ефективності функціонування транспортної системи міста	129
Никончук Вікторія **Буткевич Олександр**	Інтелектуальні системи управління транспортом	131
Остроушко Валерія **Савченко Лідія**	Управління ланцюгом постачань у режимі реального часу	134
Павленко Олексій **Приходько Андрій**	Визначення сучасного стану щодо формування раціональних схем доставки швидкопсувних вантажів на маршруті Україна - Польща	136
Пестременко-Скрипка Оксана **Левчук Олександр** **Левчук Тетяна**	Інформаційні технології та системи автоматизованого управління на залізничному транспорті України та Європи	139
Пестременко-Скрипка Оксана **Нестьоркіна Діана**	Розробка теоретичних основ для підвищення ефективності обслуговування пасажирів в умовах впровадження швидкісного руху	141

Плекан Уляна **Рожко Наталя**	Бенчмаркінг транспортно-експедиторських компаній	143
Прусов Дмитро **Дубова Світлана**	Методи підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі міста	145
Пузир Володимир **Дацун Юрій** **Козленко Віталій**	Аналіз ризиків діяльності машиністів тягового рухомого складу	148
Сорока Валерій **Дорощук Вікторія**	Структура управління автотранспортним підприємством	151
Сорока Валерій **Козак Світлана** **Ткачук Дмитро**	Система ризик-менеджменту на автотранспортному підприємстві	153
Шапатіна Ольга **Тіхня Марія** **Гнилицька Юлія**	Підвищення ефективності роботи транспорту при здійсненні мультимодальних перевезень	156
Швець Микола **Вознюк Максим**	Методи транспортного забезпечення лісового господарства	159

СЕКЦІЯ 3
МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Великодний Денис **Сальніков Артем** **Босенко Аліна** **Водолєй Артем**	Підвищення ефективності доставки вантажів в міжнародному сполучені	161
Воронков Олексій	Критерії оцінення ефективності транспортних і технологічних операцій перевезення збіжжя продукції рослинництва	163
Горбачов Петро **Макаричев Олександр** **Федоров Віктор**	Оцінка пропускної здатності смуги руху автомобільної дороги при русі без обгонів	165
Івахнік Владислав	Особливості генерації транспортної матриці відповідності в умовах наявності певної кількості обмежень	168
Кінзельській Сергій **Ляхова Анастасія** **Стиш Діана** **Лашуніна Марія**	Оцінка ефективності оперативного планування доставки вантажів	170
Линник Ірина **Завальний Олександр**	Аналіз обстеження інтенсивності транспортних потоків у місті Харкові	172
Оліскевич Мирослав	Маршрутизація транспортних засобів при зборі твердих побутових відходів в мегаполісі при фіксації рівня заповнення контейнерів	176
Очеретенко Сергій	Управління складськими запасами на підприємствах по ремонту автомобілів	180

Птиця Наталія **Ковцур Катерина**	Логістичне управління складською системою перевізників сегменту B2C	183
Тхорук Євген **Кисіль Володимир**	Моделювання процесів удосконалення митних операцій при виконанні міжнародних перевезень	188
Ужвієва Олена **Сорочук Наталія** **Сорочук Юрій**	Дослідження транспортних потоків за допомогою географічних інформаційних систем градуйованих мереж	191
Хітров Ігор	До питання побудови виробничої системи на автомобільному транспорті	193
Швець Микола **Садовчук Олена**	Особливості моделювання часових характеристик вантажних перевезень у міжнародному сполученні	194

СЕКЦІЯ 4
БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Арабаджи Анжеліка **Хітров Ігор**	Реалізовані заходи безпеки дорожнього руху міста Дубно	196
Ватуля Гліб **Ловська Альона** **Краснокутський Євген**	Особливості моделювання вертикальної навантаженості контейнера типу хопер, розміщеного на довгобазній конструкції вагона-платформи	198
Ватуля Гліб **Ловська Альона** **Павлюченков Михайло**	Дослідження навантаженості концепту зйомного модуля для перевезень довгомірних вантажів	200
Кашканова Анастасія **Кашканов Андрій** **Біліченко Віктор**	Інтелектуальні транспортні технології як засіб покращення безпеки дорожнього руху	202
Кравченко Олександр **Чуйко Сергій** **Прохорчук Марина**	Планування безпечної інфраструктури велосипедного руху	205
Ловська Альона **Равлюк Василь** **Рибін Андрій**	Аналіз причин виникнення пошкоджень коліс вантажних візків, обладнаних композиційними гальмовими колодками	208
Пашкевич Світлана **Никончук Вікторія**	Організація дорожнього руху на основі оцінки транспортного попиту до центрів масового тяжіння за параметрами їх розміщення на урбанізованих територіях	210
Птиця Геннадій **Явтушенко Дмитро**	Розвиток індивідуальної мобільності населення, як елемент забезпечення ефективного транспортного планування міста	214
Хітров Ігор **Левкович Андрій**	Громадський транспорт та його безпечність	217
Чеберячко Сергій **Дерюгін Олег** **Третяк Олена**	Особливості оцінки професійних ризиків водіїв кар’єрного автомобільного технологічного транспорту	220

СЕКЦІЯ 5
АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ: КОНСТРУЮВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ

Барабаш Руслан **Шарибура Андрій** **Рис Василь**	Методика і результати обґрунтування вибору ремонтно-технологічного обладнання для пунктів технічного обслуговування автомобілів	227
Бур'ян Михайло **Ланець Олена**	Мобільність руху автомобіля бездоріжжям з умов комфортності перевезень	232
Гора Микола	Поліпшення енергетичних показників двигуна з іскровим запалюванням в режимах повних навантажень додаванням кисневмісного газу	234
Гутаревич Юрій **Ричок Сергій**	Вплив способу реалізації комбінованого методу регулювання потужності двигуна з іскровим запалюванням на механічні втрати та паливну економічність	238
Дзюра Володимир **Семеген Володимир**	Аналіз причин утворення дефектів на поверхнях деталей автомобільних варіаторів	241
Дудукалов Юрій	Особливості інжинірингу технологій ремонту і модернізації засобів автомобільного транспорту в умовах інформаційно орієнтованого виробництва	243
Захарчук Віктор **Свинарчук Олександр** **Мордас Ілля**	Проблема вибору оптимального виду моторного палива для автомобіля	245
Ігнатюк Роман **Корж Ілля** **Мінькевич Ігор**	Дослідження енергоефективності експлуатації електромобілів	247
Ільченко Андрій **Поліщук Денис**	Зменшення похибки виміру витрат палив тепловим витратоміром вибором його конструктивних параметрів	249
Кіхтан Андрій **Крайник Любомир**	Формування ємності батарей тягового електроприводу та запасу ходу автомобіля для бездоріжжя	252
Коваленко Віталій **Клименко Олександр** **Крамчанін Ірина**	Підвищення надійності гальмівних компресорів типу ЗИЛ 130	254
Кохан Василь	Тенденції розвитку парку позашляхових автомобілів підвищеної і високої прохідності в США і країнах ЄС	256
Крайник Любомир **Сивулька Петро**	Вдосконалення типажу сільськогосподарських автомобілів і тракторів з умов ефективності та агроекології	259

Ляшук Олег **Гевко Іван** **Рогатинський Роман** **Левкович Михайло** **Хорошун Роман**	Дослідження напружено-деформованого стану металоконструкції автомобільних кузовів	262
Макруха Тетяна	Оцінка можливості виготовлення ресор підвісок вантажівок комбінованим деформуванням	264
Марчук Микола **Сахно Володимир** **Марчук Назар** **Бецко Рувим**	Експлуатаційні властивості автопоїзда з причепом категорії О1	267
Морозов Юрій **Лактіонов Олександр** **Лук'янчук Іванна**	Приклад використання лінійних рівнянь нормалізованої регресії для оцінки цін вживаних автомобілів	271
Пікула Микола **Матюх Вадим** **Лисанець Михайло**	Застосування низькотемпературної нітроцементації для поверхневого зміцнення стальних деталей	275
Рис Василь **Левчук Олександр** **Барабаш Руслан**	Вплив величини натягу в спряженні підшипник-вал на зміну радіального та осьового зазорів у підшипнику	277
Роговський Іван	Вагомість параметрів технічного стану автомобілів в процесі випробування	279
Сахно Володимир **Поляков Віктор** **Марчук Роман** **Ільчук Руслан**	До визначення маневреності і стійкості руху причіпного автопоїзда	282
Стадник Олександр **Кнап Євгеній**	Обґрунтування параметрів вихрострумової сепарації для технології утилізації автомобілів	286
Хаврук Володимир	Аналіз системи експлуатації автотранспортних засобів	289
Хітров Ігор	Значення технічного діагностування в оцінці технічного стану транспортних засобів	294
Хітров Ігор	Конструктивна досконалість транспортного засобу	297
Худавердян Георгій **Хома Віталій**	Технологічні процеси обробітку ґрунту: комп'ютерне моделювання	299

УДК 625.144

IMPROVEMENT OF THE HYDROMECHANICAL DRIVE OF MACHINES FOR THE CONSTRUCTION AND REPAIR OF ROAD AND RAILROAD ROADS

УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ МАШИН ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ І ЗАЛІЗНИЧНИХ ШЛЯХІВ

Галицький Олег

Український державний університет залізничного транспорту,
Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Сучасна економічна ситуація в Україні ставить перед вченими, економістами, інженерами багато актуальних питань, пов’язаних з ефективним функціонування автомобільного та залізничного транспорту. Основна частина парку сучасних машин для будівництва автомобільних та залізничних шляхів складають машини з гідравлічним приводом, які отримали найширше поширення на підставі його відомих переваг.

Слід відокремити особливість експлуатації машин при ремонтах залізничної колії, обсяг робіт яких виконується у «вікно». Тобто, всі заплановані роботи необхідно виконати у проміжок часу, що спеціально виділяється в розкладі руху машин-поїздів. Готовність машин значною мірою залежить від стану гідроприводу, відмови якого складають понад 50 % від загальних відмов парку машин що застосовуються при виконанні різноманітних робіт.

Результати досліджень стану автомобільних та залізничних шляхів показують на значну частку відмов за перевищенням вологості ґрунту. Таке явище виникає при невідповідності або взагалі відсутності водовідвідних споруд, кюветів.

Так для створення довговічного земляного полотна, як головного елемента в структурі автомобільної дороги або залізничної колії використовують одноковшеві екскаватори, ланцюгові і роторні екскаватори та інші спеціалізовані машини з гідромеханічним приводом на пневмоколісному, гусеничному або залізничному ходу [1, 2, 3]. Такі землерийні машини виконують багато різних операцій, пов’язаних з вийманням, переміщенням та транспортування ґрунту як при будівництві основного полотна з водовідвідними спорудами, так і при їх обслуговуванні. Гідромеханічні пристрої використовуються для приведення в дію робочих органів таких машин як екскаватори та інших механізмів за допомогою потенціальної енергії рідини, що перебуває під тиском. Тому, одним із найбільш навантажених і в одночасно з цим найменш надійним в режимі функціонування, являються гідромеханічні пристрої, в склад яких входять планетарні редуктори і високообертові гідромотори [1…4]. Ці гідромеханічні пристрої потребують для своєї роботи значних витрат енергії у зв’язку з відносно низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД) і разом з тим низькою надійністю роботи та високою вартістю ремонтів. Так, наприклад, гідромеханічний пристрій для обертання одноківшевого екскаватора складається із ведучої шестерні, гальма, високооборотного гідромотору та планетарного редуктора. Частота обертання робочого обладнання, вказаних вище механізму одноковшових, знаходиться в діапазоні від 1 до 20 обертів за хвилину, а у високообертових гідромоторів частота обертів вала за хвилину складає 1000 і більше обертів за хвилину.

Застосування відомих та стандартизованих вузлів в складі робочого обладнання даних машин призводить до підвищення вартості і трудомісткості їх виготовлення і низької ремонтопридатності в умовах експлуатації. Виникають багато різних питань, пов'язаних із проблемами низького коефіцієнту корисної дії, значних витрат енергії та підвищення неефективності використання гідрофікованих дорожніх, будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин (БКВРМ). Так, зокрема ведуться роботи з модернізації та

удосконалення таких землерийних машин, її окремих складових для забезпечення та виконання ряду технологічних процесів. Їхні недоліки, висока металоємкість, низька ефективність та особливо низький ККД і призводять до неефективного застосування таких моторів для сучасних машин.

Розробниками машин постійно ведуться спроби заміни такого гідромеханічного пристрою на один високомоментний гідромотор. Безредукторний привод машин і механізмів БКВРМ за допомогою високомоментних гідромоторів є новим конструктивним рішенням, яке направлене на підвищення продуктивності праці машин та зменшення металоемності приводу. При цьому спрощується кінематичний ланцюг приводу, який призводить до значного підвищення загального ККД механізма у складі машини. Результати аналітичних досліджень моторів з різним розташуванням циліндрів та їх гідрокінематичних схем було виявлено, що особливістю конструкції низькообертових високомоментних гідромоторів на базі силових циліндрів є можливість використання різного їх розташування. Також слід обґрунтувати систему управління робочим процесом мотора за допомогою клапанної або золотникової системи управління циліндрами, вибір якої базується згідно експлуатаційних вимог механізму. Слід зазначити що для вказаних гідромоторів можливим являється розробка або застосування традиційної системи управління роботою кожним циліндром у складі мотора. Перевагою такої схеми є те що при роботі мотора отримується мінімальний рівень пульсації тиску рідини, а також забезпечується рівність зусилля і швидкість руху штоку циліндра при прямому та зворотному напрямках руху штоків. Щоб забезпечити виконання корисної роботи циліндрами при прямому та зворотному рухові штока використовуються спеціальні схеми з’єднання порожнин циліндрів. Характерні особливості таких циліндрів полягають у дотриманні співвідношення діаметру штока і діаметра поршня на рівні 0,707.

Узагальнюючі, можна стверджувати, що при використанні моторів з різним розташуванням гідроциліндрів з різною їх кількістю призводить до загального зменшення гідравлічних пристроїв для машин здатних для побудови автомобільних та залізничних шляхів та водовідвідних споруд. В цьому напрямку стоїть нагальна потреба в застосуванні принципу агрегатування при проектуванні гідромеханічних приводів землерийних машин з низькою частотою обертання робочого обладнання.

В процесі експлуатації одноківшевих, ланцюгових або роторних екскаваторів при застосуванні моторів які складались з трьох і більше циліндрів при рядному або рівномірному розміщенні їх по колу можна досягти зниження вартості та трудомісткості їх виготовлення. Експлуатаційні особливості машин з удосконаленими гідравлічними пристроями можуть привести до підвищення ремонтопридатності таких машин та зменшення термінів виконання ремонтних робіт, що значно підвищить рівень готовності парку машин. Високий рівень готовності парку необхідних будівельних машин надає можливість утримувати в надійному та працездатному стані автомобільні та залізничні шляхи за рахунок підтримання в належному стані спеціальних водовідвідних споруд, таких як дренажні канали, кювети.

1. Бируля А.К. Об упругих и пластичных деформациях щебеночных покрытий / А.К. Бируля // Труды Харьковского автомобильно-дорожного института. М.: ГУШОСДОР, 1939. Сборник 6. – С. 106-138.

2. Раннев А.В., Корелин В.Ф., Жаворонков А.В. и др. Строительные машины: Справочник:[в 2-х т.]. Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог. Под общ. Ред. Э.Н. Кузина. 5-е изд., перераб. – Москва: Машиностроение, 1991 – Т.1. – 496 с.

3. Соломонов С.А. Путевые машины: Учебник для вузов ж.-д. транс. / С.А. Соломонов, М.В. Попович, В.М. Бугаенко и др. Под ред. С.А. Соломонова – М.: Желдориздат, 2000 – 756 с.

4. Бордунов Л.Д. Гидромеханический привод горной машины. / Патент России № 2109946 от 01.10.1996 г., МКИ^6 Е 21 29/00, 31/00. Опубл. 27.04.1998, бюл. № 32. – 4 с.

УДК 631.363.2

MACHINES FOR CUTTING MATERIALS

МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Голотюк Микола, Могілевець Сергій

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Забродоцька Людмила

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018

В сільському господарстві основним споживачем кормів є тваринницька галузь. При цьому оскільки жоден вид корму не містить повного набору необхідних для тварин поживних речовин, вітамінів і мікроелементів, згодовування окремих видів кормів призводить до того, що тварини повільно розвиваються. Віддача від них знижується, зростають витрати на одиницю виробленої продукції і, зрештою, знижується рентабельність виробництва [1].

Специфіка сільськогосподарського виробництва накладає певний відбиток характер функціонування внутрішньогосподарського підприємства з приготування кормів. Насамперед, це спеціалізація тваринницької ферми господарства, видовий та віковий склад тварин який визначає можливий набір компонентів майбутньої кормосуміші, а типорозмір – обсяги заготівлі вихідних компонентів та корму, що готується, та годинну продуктивність технологічних ліній внутрішньогосподарського підприємства. Дослідження показують, що фактична необхідна годинна продуктивність технологічних ліній з приготування повнораційних кормосумішей для молочно-товарних ферм, розрахована на основі рекомендованих для умов південних регіонів раціонів годівлі, змінюється у досить широкому діапазоні значень. Наприклад, необхідна годинна продуктивність лінії підготовки зернових компонентів зростає з 80 кг/годину в цеху, який обслуговує ферму на 100 корів, до 600 кг/годину при обслуговуванні ферми на 800 корів, лінії приготування комбікорму - відповідно з 120 до 960 кг/годину. Крім цього, відмінності в раціонах годівлі різних вікових груп тварин ферми обумовлюють необхідність частої та оперативної перебудови технологічного процесу на виробництво корму необхідної рецептури і реальну можливість її реалізації в умовах внутрішньогосподарського підприємства [2].

Слід зазначити, що особливості приготування повнораційних комбікормів в умовах внутрішньогосподарських підприємств, що визначаються специфікою господарства, сировинною базою, необхідністю обслуговування сільськогосподарських тварин різного видового та вікового складу в умовах неухильного дотримання нормативних вимог до забезпеченості раціонів тварин обмінною енергією, сухою речовиною та іншими поживними речовинами обумовлюють основний принцип побудови внутрішньогосподарського підприємства - комплектування його технологічних ліній на блочно-модульній основі з технічних засобів, що максимально задовольняють вимогам ресурсозбереження та гарантують необхідну якість виконання основних технологічних операцій і корму, що отримується при цьому [3]. Неабиякою мірою цьому сприяє і існуюча технічна база, що формується як із уже випускається промисловістю, так і розроблюваного науково-дослідними та іншими організаціями обладнання, яке може бути використане у складі технологічних ліній таких підприємств.

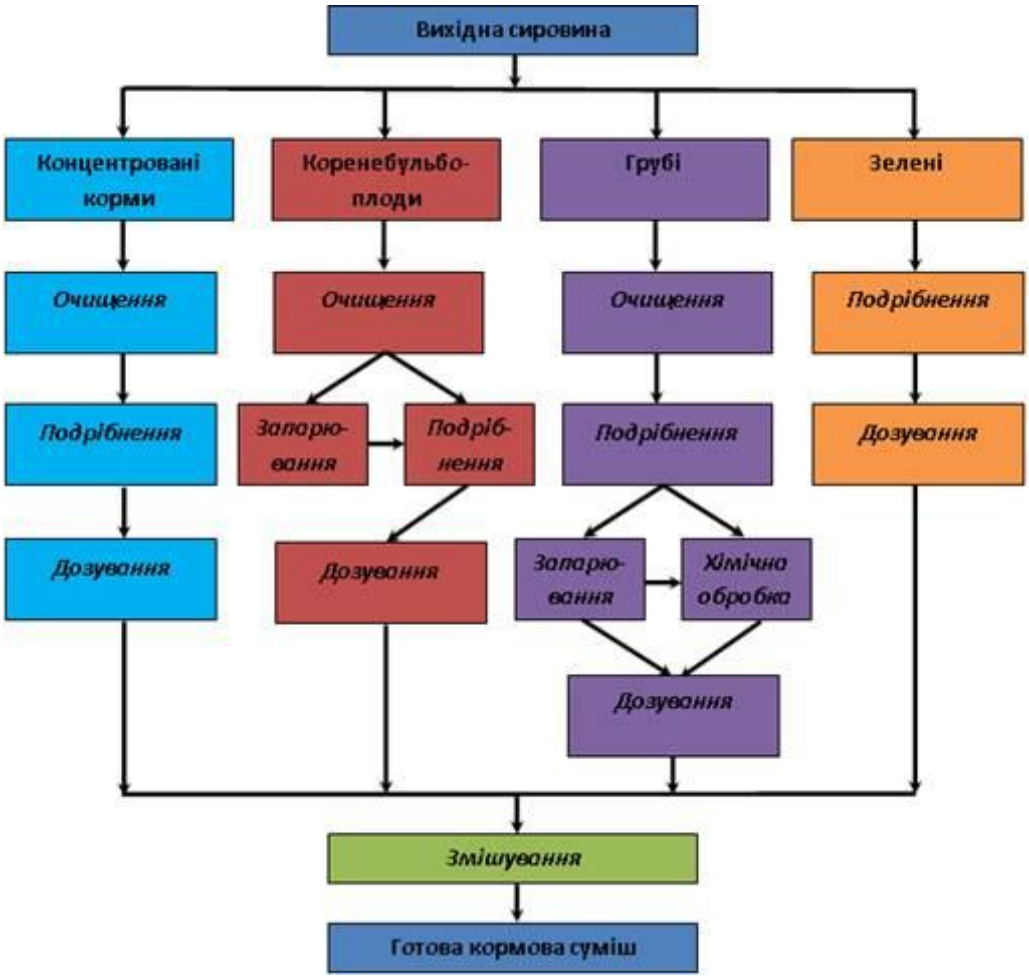


Рис.1. Технологічні схеми подрібнення кормі

Змішувачі безперервної дії відрізняються тим, що процеси завантаження, змішування та вивантаження суміші здійснюється безперервно. Ці змішувачі мають порівняно більшу продуктивність, проте не можуть забезпечити вимог однорідності суміші.

Змішувачі періодичної дії відрізняються тим, що процеси завантаження, змішування та вивантаження відбуваються циклічно, що зменшує їхню продуктивність. Але ці змішувачі забезпечують можливість приготування кормосуміші необхідної якості за досить короткий термін. Крім того, вони можуть змішувати компоненти, що відрізняються і по розмірам та за фізичними властивостями.

Серед шнекових змішувачів періодичної дії вертикального типу найбільшого поширення набули одно- та двошнекові.

Вертикальні шнекові змішувачі, як показує аналіз, мають просту конструкцію, зручні в обслуговуванні, забезпечують за рахунок внутрішньої циркуляції високу якість суміші в короткі терміни, займають порівняно невеликі розміри виробничої площі.

1. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва: Підручник / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко. – К. : Кондор, 2012. – 731 с.

2. Гвоздєв О.В. Системний підхід у підвищенні ефективності використання технічних засобів комбікормового виробництва / О.В. Гвоздєв., А.В. Спірін // Збірник наукових праць ВНАУ Серія: Технічні науки. - 2015. - №1(89). - С.43-47.

3. Komaha У.Р. Analysis of technologies of sowing and sowing / У.Р., Komaha, S.A. Burlaka, I. M. Kupchuk, R.O. Yatskovska // Сільське господарство та лісництво. - 2018. - №11. - С. 123-131.

УДК 656.13.681.3

MECHATRONIC SYSTEMS IN MANAGEMENT OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ В УПРАВЛІННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ТЕХНІКОЮ

Голотюк Микола, Налобіна Олена, Бундза Олег

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

The use of intelligent transport systems for tractor control is justified. The basics of intelligent transport control systems for agricultural machines are presented.

Сучасне покоління систем керування системами та агрегатами сільськогосподарської техніки забезпечують інтелектуальні транспортні системи здатне синтезувати мету, приймати оптимальне рішення, забезпечувати дію для досягнення поставленої мети, прогнозувати значення параметрів результату дії і зіставляти їх з реальними, утворюючи зворотний зв'язок, коректувати мету або логіку управління. [1]

При цьому доцільність їх використання визначається здатністю реалізовувати розподілені схеми виконання обчислень, що дозволяє розширити простір пошуку без значного збільшення складності необхідних обчислень; можливістю опису процесів управління засобами «простої» логіки; можливістю неаналітичного представлення нелінійних об'єктів управління і опису процесів, що характеризуються неоднозначністю і великою кількістю особливих ситуацій; здатністю здійснювати швидкий пошук в просторі вирішень погано формалізованих завдань.

Під інтелектуальними транспортними системами [2] розуміють будь-які штучні або формальні системи, що проявляють здібність до цілеспрямованого керування процесами. Що включає властивості обміну даними, ухвалення рішень, накопичення інформації та адаптації до змінних умов.

Розвиток наукових досліджень у сфері інтелектуальних транспортних систем на сьогодні є одним із напрямків, що найбільш динамічно розвиваються у світі. Ця проблематика вже давно розглядається зарубіжними науковцями та практиками, такими, як: Боб та Джуді Макквін, Рікардо Могр, Джес Рассел, Адель Садек, Джозеф Сасман, Машрур Чрудхурі та багато інших [3]. У своїх працях вони розглядають передові концепції в галузі інтелектуальних технологій, інноваційне мислення, а також наводять переконливі аргументи на користь використання ІТС.

Одним із основних завдань агропромислового комплексу в сучасних умовах є підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки в новітніх технологіях та підвищення економічності за рахунок розробки і реалізації методології підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки, сумісного її функціонування та оптимізації їх управління. Досягнення поставленої задачі забезпечується на основі впровадження комплексу взаємозв'язаних завдань по запровадженню інтелектуальними транспортних систем управління [4].

Особливість інтелектуальної системи управління трактором (рис. 1) пов'язана з підключенням механізмів накопичення і обробки знань для реалізації можливостей виконання необхідних функцій в невизначених умовах при випадковому характері зовнішніх змін інформації. До інформії подібного роду може відноситися непередбачена зміна цілей, параметрів зовнішнього середовища, експлуатаційних характеристик системи і об'єкту управління. Крім того, склад системи при необхідності доповнюється необхідними засобами

самонавчання, які забезпечують узагальнення накопичуваного досвіду, і на цій основі відбувається поповнення інформації системи.

Рис. 1. Структура мехатронної системи управління

Об’єкт управління в загальному випадку може мати складну конструкцію, що включає у свою структуру ряд функціонально-підпорядкованих підсистем, таких як керування двигуном, трансмісією, гідро начіпною системою та ін. Інтелектуальну систему слід розглядати як об'єднану інформаційним процесом сукупність технічних засобів і програмного забезпечення, що працює у взаємозв'язку з оператором або самостійно, здатна на основі інформації і знань за наявності мотивації синтезувати мету, виробляти рішення про дію і знаходити раціональні способи досягнення мети.

Враховуючи останні досягнення в галузі штучного інтелекту та суміжних напрямів, галузь прикладного застосування технологій та методів обробки даних у вирішенні завдань управління можна і потрібно втілювати в сільськогосподарськой техніці. Головною особливістю побудови інтелектуальної систем управління є використання методів і технологій штучного інтелекту як засоби боротьби з невизначеністю зовнішнього середовища. Необхідність інтелектуалізації кожного з рівнів управління обумовлена схильністю виконуваних ними функцій впливу різних чинників невизначеності.

1. *Рудзінський В.В. «ІТС автомобільного транспорту (функціональні основи) : навч. посібник / В.В. Рудзінський. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – 98 с.*

2. *Голотюк М.В. Інтелектуальні транспортні системи в управлінні перевезення вантажів // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків, 2018. – Випуск 192 «Проблеми надійності машин». – С. 241–247.*

3. *Голотюк М.В. Дослідження мехатронних систем в машинобудуванні // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк, 2017. – Вип. 37. – С. 31–37.*

4. *Артьомов М.П. Вдосконалення тракторів використанням інтелектуальних автоматизованих систем управління / Артьомов М.П., Подригало М.А., Макаренко М.Г. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка сільськогосподарській техніці. – Харків, 2019. – Випуск 199 «Механізація сільськогосподарського виробництва». – С. 160–166.*

УДК 621.926.5:539.215.9

EXPERIMENTAL STUDY OF THE CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE WALL LAYER OF A COHESIVE GRANULAR FILL OF A ROTATING DRUM

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ УМОВ УТВОРЕННЯ ПРИСТІНКОВОГО ШАРУ ЗВ'ЯЗНОГО ЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

[1]Дейнека Катерина, [2]Науменко Юрій, [2]Матеюк Сергій

[1]Рівненськи технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Орлова, 35, м. Рівне, 33027
[2]Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

The impact of dynamic flow parameters on the formation and disappearance of the wall layer of cohesive granular fill on the cylindrical surface of the chamber of the rotating drum was evaluated. The influence of connectivity on the behavior of fill was revealed. The hydrodynamic effect of quasi-liquefaction of granular fill under the action of cohesion was established, which consists in the occurrence of interaction between adjacent layers and with the chamber surface.

У теперішній час не створено моделей для визначення впливу зчеплення на умови утворення пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження обертового барабана. Це зумовлено непереборними труднощами аналітичного і чисельного моделювання та підвищеною складністю апаратурного експериментального дослідження поведінки зернистого завантаження швидкохідного барабана. Відсутність таких моделей особливо негативно проявляється у випадку реалізації інноваційного процесу подрібнення в барабанно-валкових млинах.

Було здійснено спроби встановлення умов переходу режимів руху в камері обертового барабана лише для найбільш поширених видів оброблюваних середовищ – незв'язного зернистого матеріалу та ньютонівської рідини. Проте в барабанно-валкових млинах подрібнюються переважно дрібнодисперсні зернисті матеріали, що проявляють зв'язні властивості. Реологічна поведінка такого середовища в обертовій камері є ще недостатньо з'ясованою, а умови переходу режимів течії невизначеними.

Відомо, що поведінки зв'язного зернистого завантаження обертового барабана є схожою з течіями інших середовищ. Близькими за режимами руху є незв'язний зернистий матеріал та ньютонівська рідина. Подібними для цих трьох типів середовищ є режими циркуляційного руху та прояви гістерезисних режимних переходів. Проте такі результати стосуються лише малих швидкостей обертання та низької динамічності процесу взаємодії середовища із камерою барабана. Крім того, вплив зчіпних властивостей частинок на режими рух зв'язного зернистого завантаження залишається до кінця нез'ясованим внаслідок підвищеної складності прояву реологічних характеристик.

Метою роботи було встановлення впливу динамічних параметрів руху на умови утворення та руйнування на поверхні камери пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження обертового барабана.

Завданням роботи було виявлення гідродинамічних характеристик течії зв'язного зернистого завантаження в камері обертового барабана при взаємному переході циркуляційного та пристінкового режимів руху.

Як метод дослідження було прийнято експериментальну фізичну візуалізацію картин руху головних типів текучого завантаження камери обертового барабана. За допомогою відеозйомки через прозору торцеву стінку камери фіксувались картини усталеного руху

завантаження у стаціонарно обертовому барабані. Розглядалась двовимірна течія у площині, що є перпендикулярною до осі камери. Вважалось, що впливом торцевих стінок на рух завантаження можна знехтувати оскільки довжина циліндричної камери істотно перевищує її довжину.

Було досліджено режими циркуляційного руху, перед утворенням пристінкового шару, для трьох типів текучого завантаження – незв'язного зернистого, ньютонівського рідкого та зв'язного зернистого. Для порівняння особливостей режимів течії, викликаних відмінністю реологічних властивостей середовищ, було реалізовано однакові геометричні та динамічні умови руху. Камери барабанів мали однаковий радіус R та близький ступінь заповнення завантаженням у стані спокою к=0,4-0,5. Кінематична в'язкість рідини, що моделювала ньютонівське рідке завантаження, становила $\nu_l=10^{-3}$ м^2/с. До цієї ж величини наближалось приблизне значення прийнятого аналога кінематичної в'язкості використаного незв'язного та зв'язного зернистого завантаження – $\nu_g\approx10^{-3}$ м^2/с. Для вимірювання кінематичної в'язкості рідини було застосовано капілярний віскозиметр.

Геометричні характеристики частинок зернистих завантажень оцінювались за їх відносним розміром у камері $\psi_d=d/2R$ (d – середній абсолютний розмір частинок).

Відносний розмір частинок сфероподібної форми для незв'язного зернистого завантаження становив ψ_{dic}=0,0104. Відносний розмір частинок дисперсного зв'язного завантаження, в якості якого було використано цемент, складав $\psi_{dc}\approx0.13\cdot10^{-3}$. Для вимірювання розміру частинок зернистих матеріалів було використано аналізатор лазерного типу.

Для подальшого порівняльного аналізу було отримано по 4–5 картин руху кожного типу завантаження за зростанням швидкості обертання.

Крім того, було досліджено особливості завершення переходу циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у режим пристінкового шару під час прискорення обертання. Було застосовано 3 барабана із камерами різного радіуса. Відносні розміри частинок дисперсного зв'язного завантаження (цементу) у цих камерах складали $\psi_{dc}\approx0{,}065\cdot10^{-3}$, $0{,}092\cdot10^{-3}$ та $0{,}13\cdot10^{-3}$.

Дискретні значення ступеня заповнення камери становили к=0,3, 0,5, 0,7 та 0,9. Для дозування порції текучого завантаження камери барабана використовувались лабораторні мензурки. Об'єм зернистого завантаження визначався у стані спокою, без ущільнення при заповненні мірної камери.

Обуло отримано картини усталеного циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у камері стаціонарно обертового барабана (рис. 1).

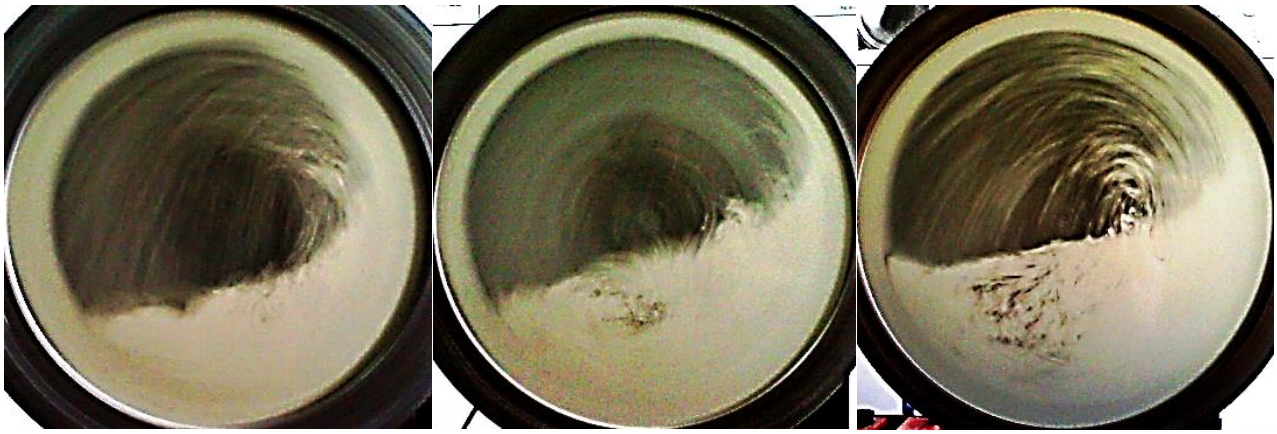
а б в г

Рис. 1. Картини циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження при відносному розмірі частинок $\psi_{dc}\approx0{,}13\cdot10^{-3}$ та ступені заповнення камери к=0,4: а – Re=75,7, Fr=0,49; б – Re=115, Fr=1,12; в – Re=137, Fr=1,61; г – Re=153, Fr=2,02

Експериментальні картини руху на рис. 1 характеризують вплив реологічних властивостей зв'язного зернистого завантаження на взаємний перехід циркуляційного режиму течії у пристінковий шар.

а б в

Рис. 2. Картини завершення переходу циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у режим пристінкового шару під час прискорення обертання при к=0,3: а – $\psi_{dc}\approx 0{,}13\cdot 10^{-3}$, Re=156, Fr=2,09; б – $\psi_{dc}\approx 0{,}092\cdot 10^{-3}$, Re=276, Fr=2,3; в – $\psi_{dc}\approx 0{,}065\cdot 10^{-3}$, Re=504, Fr=2,72



а б в

Рис. 3. Картини завершення переходу циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у режим пристінкового шару під час прискорення обертання при к=0,5: а – $\psi_{dc}\approx 0{,}13\cdot 10^{-3}$, Re=141, Fr=1,7; б – $\psi_{dc}\approx 0{,}092\cdot 10^{-3}$, Re=247, Fr=1,85; в – $\psi_{dc}\approx 0{,}065\cdot 10^{-3}$, Re=439, Fr=2,06

а б в

Рис. 4. Картини завершення переходу циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у режим пристінкового шару під час прискорення обертання при к=0,7: а – $\psi_{dc}\approx 0{,}13\cdot 10^{-3}$, Re=138, Fr=1,64; б – $\psi_{dc}\approx 0{,}092\cdot 10^{-3}$, Re=241, Fr=1,76; в – $\psi_{dc}\approx 0{,}065\cdot 10^{-3}$, Re=419, Fr=1,88

а б в

Рис. 5. Картини завершення переходу циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у режим пристінкового шару під час прискорення обертання при к=0,9: а – ψ_{dc}≈0,13·10^{-3}, Re=148, Fr=1,87; б – ψ_{dc}≈0,092·10^{-3}, Re=262, Fr=2,08; в – ψ_{dc}≈0,065·10^{-3}, Re=472, Fr=2,38

Було отримано також картини завершення переходу циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження у режим пристінкового шару під час прискорення обертання наведено на рис. 2–5. Картини руху для ступеня заповнення камери к=0,3 зображено на рис. 2, для к=0,5 – на рис. 3, для к=0,7 – на рис. 4 та для к=0,9 – на рис. 5.

Експериментальні картини руху на рис. 2-5 характеризують особливості течії зв'язного зернистого завантаження при завершенні переходу циркуляційного у режим пристінкового шару під час прискорення обертання.

Отримані результати експериментальної візуалізації течії і чисельні дані дозволили якісно та кількісно оцінити вплив зв'язності на утворення пристінкового шару зернистого завантаження.

Візуальний якісний аналіз отриманих картин руху наочно демонструє особливості реалізації циркуляційної течії зв'язного зернистого завантаження порівняно з незв'язним та рідким. Встановлено, що зв'язні властивості істотно посилюють ефект квазізрідження зернистого завантаження обертової камери. Таке зрідження зв'язного зернистого матеріалу зумовлено зчепленням між шарами та з поверхнею камери, за аналогією зі злипанням шарів та налипання на тверду стінку для рідини. Зазначене послаблює схожість поведінки зв'язного зернистого завантаження (рис. 1) із рухом незв'язного зернистого матеріалу та посилює схожість із течією рідини.

Картини циркуляційного режиму руху зв'язного зернистого завантаження (рис. 1) суттєво відрізняються від картин руху для незв'язного. Внаслідок зчеплення між частинками зв'язного зернистого завантаження спотворюється трифазний режим руху, характерний для незв'язного. Зокрема при русі зв'язного завантаження (рис. 1) не виникає режимів руху з частковим підкиданням, з повним підкиданням та неповного центрифугування. Частка зони невільного падіння для зв'язного зернистого завантаження (рис. 1, *в*) є значно меншою за таку частку для незв'язного. Кути підйому α та нахилу вільної поверхні θ для зв'язного зернистого завантаження (рис. 1) є суттєво меншими за такі кути для незв'язного.

Проте найголовнішим є принципова відмінність гідродинамічних характеристик течії при утворення пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження від таких характеристик для незв'язного. Виявляється утворення пристінкового шару зв'язного завантаження (рис. 1, *г*, 2–5) відбувається без виникнення режиму руху із повним підкиданням, характерного для незв'язного.

Разом з тим, картини циркуляційного режиму рух зв'язного зернистого завантаження (рис. 1) істотно наближаються до картин течії рідини. Зчеплення зв'язного зернистого завантаження спричинює зниження рухливості та взаємного зштовхування частинок

внаслідок дисипації кінетичної енергії. Невільний відносний рух окремих частинок, внаслідок кластеризації потоку, перетворюється на переміщення окремих кластерних угруповань. Підвищується однорідність зернистого потоку внаслідок посилення щільності упаковки частинок. Зсувний циркуляційний рух зернистого завантаження перетворюється на квазіплунжерний потік зі сповзанням та перекочуванням без відносного руху частинок (рис. 1) аналогічно до течії рідини. Зсувні напруження, що виникають у такому щільному однорідному кластерізованому зернистому потоці, проявляються у вигляді мікротріщин (рис. 1). Збільшується товщина шару, що сповзає, та відстань від вільної поверхні до центра циркуляції завантаження. Виникнення аналогу поверхневого натягу зв'язного завантаження спричинює зменшення вгнутості та посилення опуклої форми вільної поверхні (рис. 1). Зона невільного падіння зв'язного зернистого завантаження (рис. 1, *в*) трансформується у вихровий валик, як при течії рідини.

Аналіз рис. 1–5 засвідчує аналогічність гідродинамічних умов переходу циркуляційного режиму руху у режим пристінкового шару для зв'язного зернистого та рідкого завантаження. Із прискоренням обертання товщина пристінкового шару зв'язного завантаження плавно зростає при циркуляційному русі решти у нижній частині камери (рис. 1, *г*, 2–5), подібно течії рідини.

Такимм чином, встановлено, що зв'язність зернистого завантаження обертового барабана послаблює схожість його поведінки із рухом незв'язного завантаження та посилює схожість із течією рідини. При цьому трифазний режим руху зернистого завантаження в обертовій камері спотворюється. Перехід циркуляційної течії у режим пристінкового шару, під час прискорення обертання, відбувається шляхом плавного зростання товщини шару при циркуляції решти завантаження у нижній частині камери. Зазначене спричинено виникненням зчеплення між шарами зв'язного зернистого завантаження та з поверхнею камери. Це зумовлено проявом встановленого гідродинамічного ефекту квазізрідження зернистого завантаження під впливом зв'язності.

1. Naumenko Yu. V. Velocity regimes of motion of a viscous liquid in a horizontal rotating cylinder. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. Vol. 64. P. 453–459. doi: https://doi.org/10.1007/BF00862634

2. Naumenko Yu. V. Stability of a tube of a viscous fluid in a horizontal rotating cylinder. International Journal of Fluid Mechanics Research. 1996. Vol. 23. Issue 3-4. P. 271–277. doi: https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v23.i3-4.100

3. Naumenko Yu. V. Stability of the tubular layer of a deformed material in a rotating horizontal cylinder. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2000. Vol. 4., Issue 1. P. 108–114. doi: https://doi.org/10.1007/BF02465244

4. Naumenko Yu. V. Numerical calculation of the flow regimes of a fluid partially filling a horizontal rotating heat-exchange cylinder. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2001. Vol. 74. P. 736–744. doi: https://doi.org/10.1023/A:1016728915801

5. Naumenko Yu. V. The regime hysteresis of viscous flow with free surface in rotating horizontal cylinder. International Journal of Fluid Mechanics Research. 2004. Vol. 31. Issue 4. P. 358–368. doi: https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v31.i4.50

6. Naumenko Yu. Modeling of fracture surface of the quasi solid-body zone of motion of the granular fill in a rotating chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 2, Issue 1 (86), P. 50–57. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96447

7. Naumenko Yu., Sivko V. The rotating chamber granular fill shear layer flow simulation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. Issue 7 (88). P. 57–64. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107242

8. Naumenko Yu. Modeling of flow pattern of the granular fill in the cross section of a rotating chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 5. Issue 1 (89). P. 59–69. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110444

9. Naumenko Yu., Deineka K., Myronenko T. Establishing the conditions for the formation of a near-wall layer of solid granular fill of a rotating drum. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 5. Issue 1 (113). P. 51–61. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.24019

УДК 621.926.5:539.215.9

EXPERIMENTAL STUDY OF THE CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE WALL LAYER OF LIQUID AND COHESIVE GRANULAR FILL OF A ROTATING DRUM

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ УМОВ УТВОРЕННЯ ПРИСТІНКОВОГО ШАРУ РІДКОГО ТА НЕЗВ'ЯЗНОГО ЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

[1]Дейнека Катерина, [2]Науменко Юрій, [2]Мушик Дмитро

[1]Рівненськи технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Орлова, 35, м. Рівне, 33027
[2]Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

By the method of experimental visual analysis of motion pictures, the conditions for the formation of the wall layer of liquid and cohesive granular fill of a rotating drum were studied. The influence of dynamic flow parameters on the formation and disappearance of the filling wall layer on the cylindrical surface of the chamber was evaluated. The hydrodynamic characteristics of the transition of the circulation flow into the regime of the wall layer have been established.

Режими руху оброблюваного в камері обертового барабана середовища визначаються співвідношенням дії гравітаційного та спотвореного, внаслідок відносного руху, відцентрового силового поля. За умови низької швидкості обертання переважає дія гравітаційного поля, що зумовлює циркуляційний режим руху середовища в нижній частині камери. При великій кутовій швидкості відцентрове поле спричинює виникнення пристінкового режиму руху на циліндричний поверхні камери.

Метою роботи було встановлення впливу динамічних параметрів руху на умови утворення та руйнування на поверхні камери пристінкового шару рідкого та незв'язного зернистого завантаження обертового барабана. Це дало змогу прогнозувати ефективність реалізації процесів переробки таких матеріалів в машинах барабанного типу з утворенням пристінкового шару внутрішньокамерного завантаження.

Було отримано картини усталеного циркуляційного режиму руху незв'язного зернистого завантаження у камері стаціонарно обертового барабана (рис. 1). Експериментальні картини руху характеризують вплив реологічних властивостей зернистого матеріалу на взаємний перехід циркуляційного режиму течії у пристінковий шар.

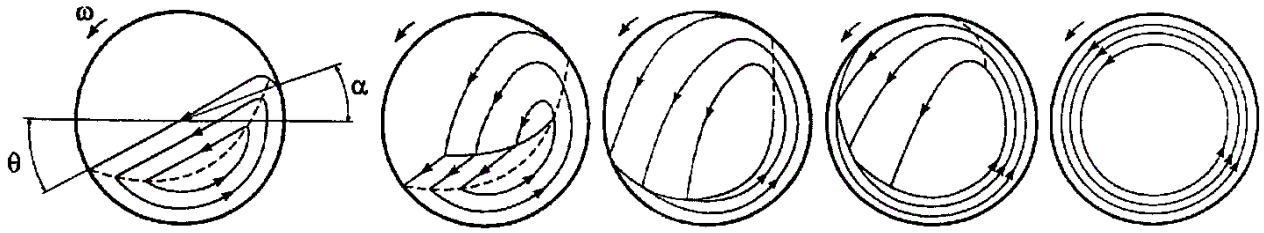
а б в г

Рис. 1. Картини циркуляційного режиму руху незв'язного зернистого завантаження при відносному розмірі частинок ψ_{dic}=0.0104 та ступені заповнення камери к=0,4: а – Re=32,4, Fr=0,09; б – Re=75,7, Fr=0,49; в – Re=91,9, Fr=0,723; г – Re=108, Fr=1

Виявилось, що характер режиму усталеного руху незв'язного зернистого завантаження у поперечному перерізі камери стаціонарно обертового барабана є трифазним. Картину руху в поперечному перерізі камери можна умовно виділити три зони течії: твердотільну, невільного падіння та зсувного шару. Твердотільна зона характеризується квазітвердотільним рухом без відносного переміщення частинок завантаження разом із циліндричною поверхнею камери. У зоні невільного падіння відбувається відокремлення частинок від твердотільної зони із подальшим падінням зі взаємодією. У зоні зсувного шару виникає швидкий гравітаційний потік завантаження поблизу вільної поверхні.

Реалізація трьох зон течії визначається швидкістю обертання барабана ω. При повільному обертанні переважає твердотільна зона, зона невільного падіння є слабо вираженою, а зона зсувного шару має незначну товщину. Зі зростанням ω частки зони невільного падіння та зсувного шару збільшуються за рахунок твердотільної зони. Із подальшим зростанням ω частка зони невільного падіння досягає максимального значення, а зсувний шар зникає. При наближенні ω до граничного значення зона невільного падіння переходить у твердотільний пристінковий шар.

Характерні режими руху незв'язного завантаження обертового барабана (рис. 2) характеризуються комбінаціями трьох зазначених зон течії.



а б в г д

Рис. 2. Схеми режимів руху незв'язного зернистого завантаження камери обертового барабана за зростанням швидкості обертання ω: а – режим без підкидання, б – режим з частковим підкиданням, в – режим із повним підкиданням, г – режим неповного центрифугування, д – режим пристінкового шару (центрифугування), θ – середній кут нахилу вільної поверхні завантаження до горизонталі, α – кут підйому завантаження

У режимі руху без підкидання (рис. 2, *а*) виникає твердотільна та зона зсувного шару. У режимі з частковим підкиданням (рис. 2, *б*) реалізуються всі три зони. У режимі із повним підкиданням (рис. 2, *в*) зникає зсувний шар. У режимі неповного центрифугування (рис. 2, *г*) починає утворюватись пристінковий шар із поступовим зменшенням зони невільного падіння. Режим зсувного шару (рис. 2, *а*) характеризується лише твердотільною зоною. Утворення та зникнення на поверхні камери обертового барабана пристінкового шару незв'язного зернистого завантаження пов'язано зі взаємними переходами режимів із повним підкиданням (рис. 2, *в*), неповного (рис. 2, *г*) і повного (рис. 2, *д*) центрифугування.

Було експериментально було визначено умови існування пристінкового шару незв'язного зернистого матеріалу у широкому діапазоні варіацій параметрів системи. Розглядався двовимірний усталений рух завантаження у поперечному перерізі циліндричної камери радіуса R стаціонарно обертового навколо горизонтальної осі з кутовою швидкістю ω барабана. Як динамічні критерії подібності було прийнято число Фруда Fr та число Рейнольдса Re на циліндричній поверхні камери. Як вирази для динамічних критеріїв було прийнято $Fr=(\omega^2 R)/g$ та $Re=(\omega R^2)/\nu$ (g – гравітаційне прискорення, ν – аналог кінематичної в'язкості зернистого завантаження). Геометричні та фрикційні характеристики використаного для експерименту незв'язного зернистого матеріалу приблизно відповідали параметрам внутрішньокамерного завантаження машин барабанного типу. Порівняльний аналіз із картинами течії ньютонівської рідини в обертовій камері дозволив приблизно оцінити значення аналогу кінематичної в'язкості зернистого завантаження – $\nu \approx 10^{-3}$ м^2/с. Як геометричний критерій подібності було прийнято ступінь заповнення камери завантаженням $\kappa = w/(\pi R^2 L)$ (w – об'єм зернистого завантаження у стані спокою, L – довжина камери).

На рис. 3 в координатах Re і Fr для чотирьох дискретних значень к наведено експериментальні межі переходу режимів руху незв'язного зернистого завантаження.

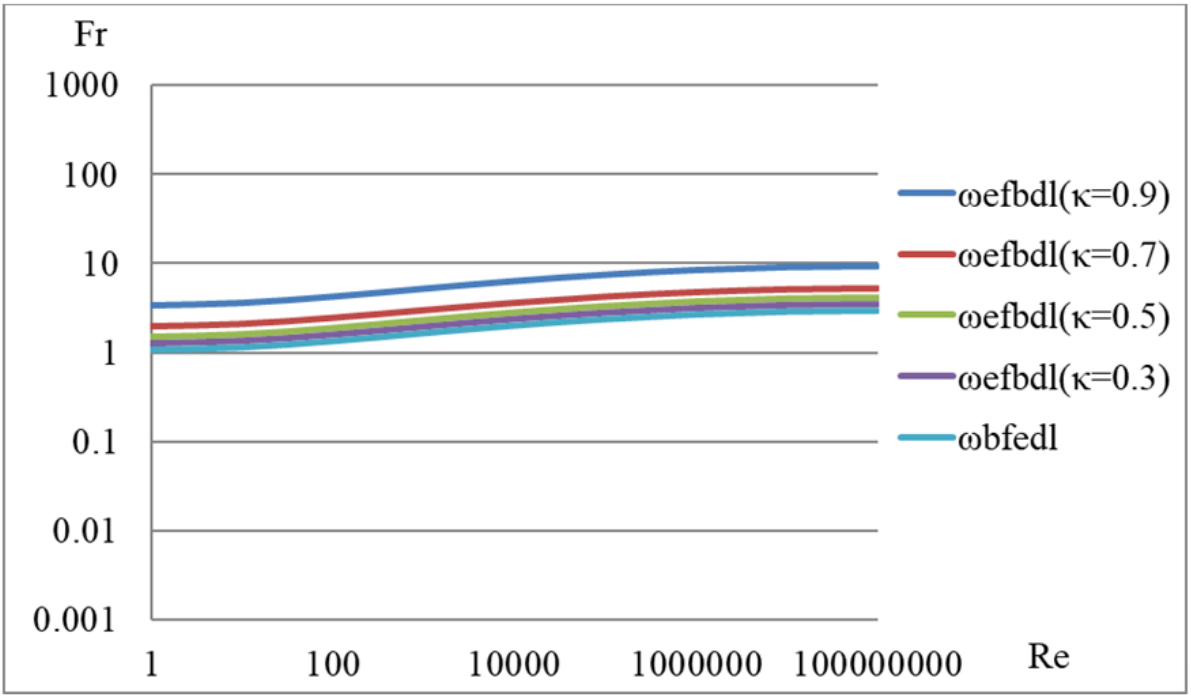
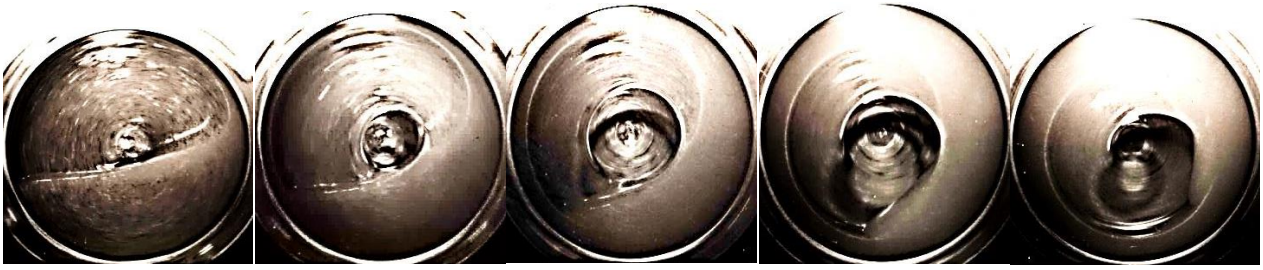


Рис. 3. Експериментальні межі переходу режимів руху незв'язного зернистого завантаження обертового барабана для к=0,3, 0,5, 0,7 та 0,9: ω_{bfedl} – межа взаємного переходу режимів руху із повним підкиданням та неповного центрифугування, ω_{efbdl} – межа взаємного перехід режимів неповного центрифугування та пристінкового шару

Межа ω_{bfedl} (рис. 3) відповідає початку формування пристінкового шару при збільшенні швидкості обертання ω та одночасно завершенню руйнування шару при зменшенні ω. Межа ω_{bfedl} відповідає взаємному переходу режимів руху із повним підкиданням (рис. 2, *в*) та неповного центрифугування (рис. 2, *г*). Зона вище межі ω_{bfedl} відповідає режиму неповного центрифугування (рис. 2, *г*), а нижче – режиму із повним підкиданням (рис. 2, *в*). Положення межі ω_{bfedl} практично не залежить від ступеня заповнення камери завантаженням к.

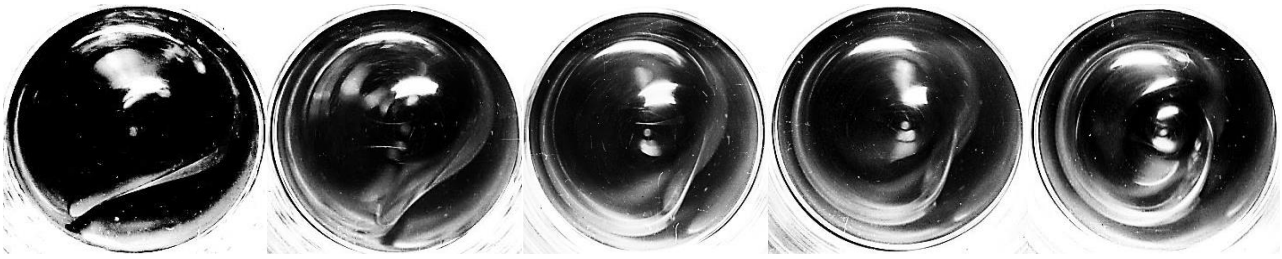
Межа ω_{efbdl} (рис. 3) відповідає завершенню формування пристінкового шару при збільшенні швидкості обертання ω та одночасно початку руйнування шару при зменшенні ω. Межа ω_{efbdl} відповідає взаємному переходу режимів неповного центрифугування (рис. 2, *г*) та пристінкового шару (центрифугування) (рис. 2, *д*). Положення межі ω_{efbdl} визначається величиною к. Зона вище межі ω_{efbdl} відповідає режиму руху у вигляді пристінкового шару (рис. 2, *д*), а нижче – режиму неповного центрифугування (рис. 2, *г*).

Було отримано також картини усталеного циркуляційного режиму руху ньютонівського рідкого завантаження у камері стаціонарно обертового барабана (рис. 4,5).



а б в г д

Рис. 4. Картини циркуляційного режиму течії ньютонівського рідкого завантаження при ступені заповнення камери к=0,5: а – Re=43,5, Fr=0,162; б – Re=88,2, Fr=0,666; в – Re=132, Fr=1,48; г – Re=176, Fr=2,66; д – Re=203, Fr=3,54



а б в г д

Рис. 5. Картини вторинної течії ньютонівської рідини в обертовій камері при к=0.3: а – Re=1,54, Fr=0,0131; б – Re=2,94, Fr=0,0473; в – Re=4,41, Fr=0,107; г – Re=5,81, Fr=0,185; д – Re=7,28, Fr=0,29

Було також виявлено умови існування пристінкового шару рідкого заповнення камери у широкому діапазоні варіацій параметрів системи. На рис. 6 в координатах Re і Fr для п'яти дискретних значень к зображено встановлені експериментально-аналітичним методом межі переходу режимів течії. Межа ω_{fl} відповідає утворенню пристінкового шару при прискоренні обертання барабана. Межа ω_{dl} відповідає руйнуванню шару при сповільненні обертання.

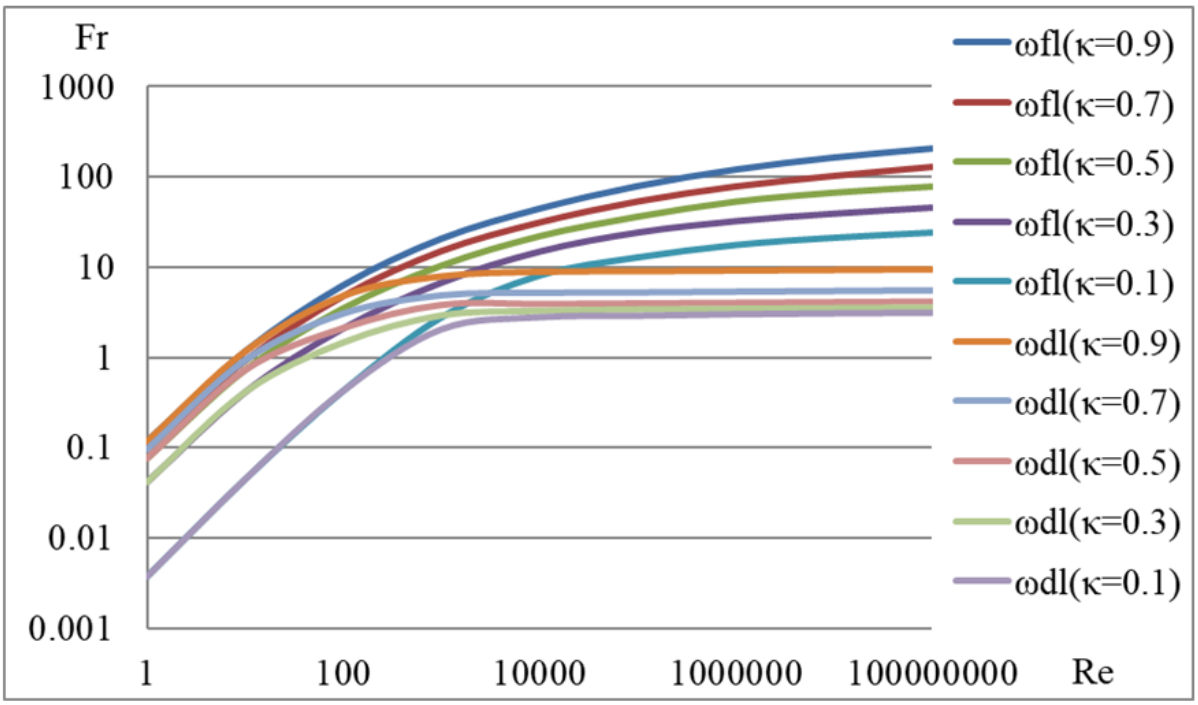


Рис. 6. Експериментально-аналітичні межі переходу режимів течії ньютонівської рідини в обертовій камері для к=0,1, 0,3, 0,5, 0,7 та 0,9: ω_{fl} – межа утворення режиму пристінкового шару при прискоренні обертання, ω_{dl} – межа руйнування режиму пристінкового шару при сповільненні обертання

При порівнянні результатів визначення меж переходу режимів руху в обертовій камері незв'язного зернистого матеріалу та ньютонівської рідини було виявлено їх принципові відмінності. Вони полягають у виникненні гістерезисного переходу режимів течії рідини та практичній відсутності прояву такого переходу для незв'язного матеріалу.

Величини меж переходу режимів руху цих двох поширених реологічних типів оброблюваних середовищ суттєво залежать від Re та к. Порівняльний аналіз рис. 3, 6 засвідчив ідентичність окремих умов існування пристінкового шару цих двох середовищ при наближенні Re до граничних значень. При Re→∞ межі ω_{efbdl} для зернистого матеріалу та ω_{dl} для рідини відповідають умові $Fr \to 3/(1-к)^{0,5}$, а межа ω_{bfedl} для зернистого матеріалу – Fr→3. При Re→0 межі ω_{efbdl} для зернистого матеріалу та розрахункова межа для рідини відповідають умові $Fr \to 1/(1-к)^{0,5}$, а межа ω_{bfedl} для зернистого матеріалу – Fr→1.

Порівняльний аналіз отриманих аналітичних та експериментальних результатів дозволив виявити особливості прояву реологічного гістерезису ньютонівської течії в камері обертового барабана. Було співставлено в координатах Re і Fr отримані аналітично та експериментально графіки меж переходу режимів течії для к=0,5 (рис. 7). Похилі штрихові лінії відповідають камерам обертового барабана незмінного радіуса.

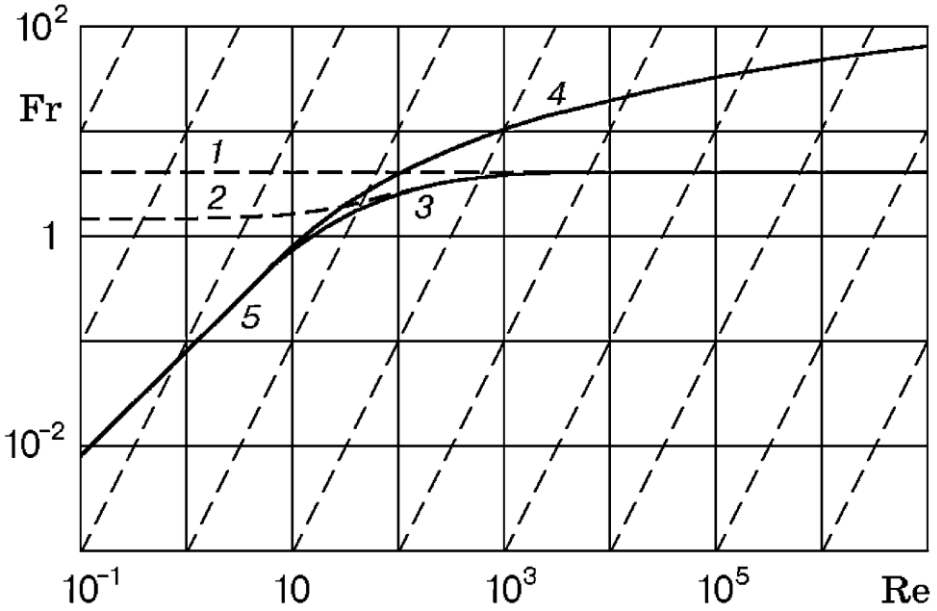


Рис. 7. Діаграма переходу режимів течії ньютонівської рідини в камері обертового барабана для к=0,5: 1 – розрахункова межа руйнування пристінкового шару ідеальної абсолютно нев'язкої рідини при сповільненні обертання, 2 – розрахункова межа руйнування шару реальної рідини при сповільненні обертання, 3 – експериментальна межа руйнування шару при сповільненні обертання, 4 – експериментальна межа утворення шару при прискоренні обертання, 5 – спільна експериментальна межа утворення шару, під час прискорення обертання, або руйнування шару, під час сповільнення обертання

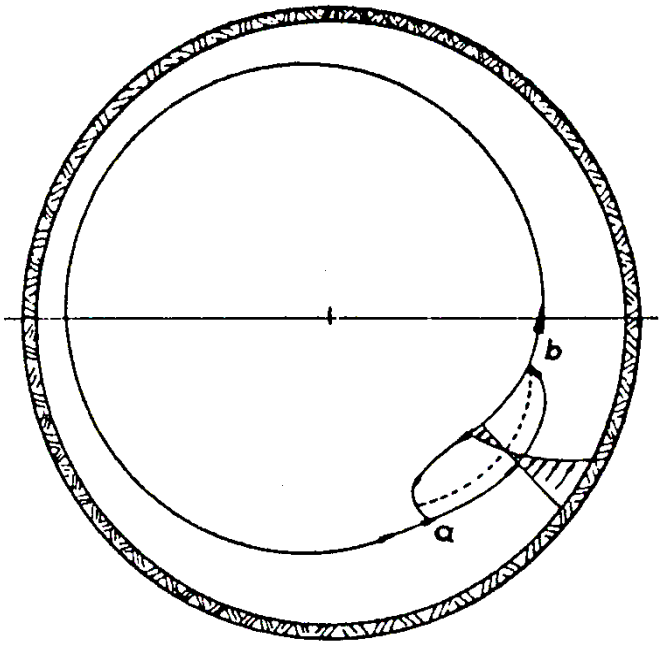


Рис. 8. Схема картини руху в поперечному перерізі обертової камери при розвитку вторинної циркуляційної течії у вигляді валика на вільній поверхні пристінкового шару

Було виявилено посилення прояву реологічного гістерезису зі збільшення ступеня заповнення камери рідиною к. Крім того, було чисельно встановлено значний вплив числа Рейнольдса на режими течії в обертовій камері. Зокрема експериментально зареєстровано інтенсивний прояв гістерезису у випадку великих Re та стрибкоподібному переході режимів течії (графіки 3, 4 на рис. 7). При цьому виникають хвилеподібні збурення вільної поверхні під час руйнування шару. Натомість гістерезис не проявляється при малих Re. При цьому утворюються вторинні циркуляційні течії у вигляді валика (рис. 8) та плавні неявно виражені переходи режимів руху (графік 5 на рис. 7).

У такому випадку виникає значна деформація вільної поверхні під час утворення або зникнення шару і межі взаємних переходів режимів збігаються.

Таким чином, реологічний гістерезис течії рідини має явно виражений прояв, а можливий фрикційний гістерезис руху незв'язного зернистого завантаження є малопомітним.

Технологічне застосування реологічного гістерезисного переходу режимів руху при утворенні пристінкового шару оброблюваного внутрішньокамерного завантаження видається доволі перспективним.

Отримані результати щодо ефекту реологічного гістерезису руху текучого завантаження дозволили встановити можливість підвищення ефективності процесу обробки матеріалів в машинах барабанного типу. Виявилось, що у період подавання матеріалу в камеру та формування пристінкового шару швидкість обертання необхідно підтримувати не нижче межі утворення шару при прискоренні обертання. Натомість у період обробки матеріалу, що перебуває у стані пристінкового шару, швидкість обертання можна зменшити не нижче межі руйнування шару при сповільненні обертання ω_{dl}. Це дозволяє суттєво знизити енергоємність процесу та динамічне навантаження за рахунок обертання барабана із мінімально можливою швидкістю, достатньою для збереження пристінкового шару матеріалу.

1. Naumenko Yu. V. Velocity regimes of motion of a viscous liquid in a horizontal rotating cylinder. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. Vol. 64. P. 453–459. doi: https://doi.org/10.1007/BF00862634

2. Naumenko Yu. V. Stability of a tube of a viscous fluid in a horizontal rotating cylinder. International Journal of Fluid Mechanics Research. 1996. Vol. 23. Issue 3-4. P. 271–277. doi: https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v23.i3-4.100

3. Naumenko Yu. V. Stability of the tubular layer of a deformed material in a rotating horizontal cylinder. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2000. Vol. 4., Issue 1. P. 108–114. doi: https://doi.org/10.1007/BF02465244

4. Naumenko Yu. V. Numerical calculation of the flow regimes of a fluid partially filling a horizontal rotating heat-exchange cylinder. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2001. Vol. 74. P. 736–744. doi: https://doi.org/10.1023/A:1016728915801

5. Naumenko Yu. V. The regime hysteresis of viscous flow with free surface in rotating horizontal cylinder. International Journal of Fluid Mechanics Research. 2004. Vol. 31. Issue 4. P. 358–368. doi: https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v31.i4.50

6. Naumenko Yu. Modeling of fracture surface of the quasi solid-body zone of motion of the granular fill in a rotating chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 2, Issue 1 (86), P. 50–57. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96447

7. Naumenko Yu., Sivko V. The rotating chamber granular fill shear layer flow simulation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. Issue 7 (88). P. 57–64. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107242

8. Naumenko Yu. Modeling of flow pattern of the granular fill in the cross section of a rotating chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 5. Issue 1 (89). P. 59–69. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110444

9. Naumenko Yu., Deineka K., Myronenko T. Establishing the conditions for the formation of a near-wall layer of solid granular fill of a rotating drum. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 5. Issue 1 (113). P. 51–61. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.24019

УДК 621.926.5:539.215.9

EXPERIMENTAL STUDY OF THE MANIFESTATION OF THE EFFECT OF RHEOLOGICAL HYSTERESIS OF THE FLOW OF COHESIVE GRANULAR FILL OF A ROTATING DRUM

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ПРОЯВУ ЕФЕКТУ РЕОЛОГІЧНОГО ГІСТЕРЕЗИСУ РУХУ ЗВ'ЯЗНОГО ЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

[1]Дейнека Катерина, [2]Науменко Юрій, [2]Степанюк Богдан

[1]Рівненськи технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Орлова, 35, м. Рівне, 33027
[2]Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Для реалізації робочих процесів подрібнення в барабанно-валкових млинах Horomill (рис. 1) визначальним є умови переходу режимів руху оброблюваного середовища. Такий помел полягає у дії тиском, за допомогою роздавлюючого валка, на вільну поверхню пристінкового шару подрібнюваного матеріалу на циліндричній поверхні горизонтально обертової камери (рис. 2).

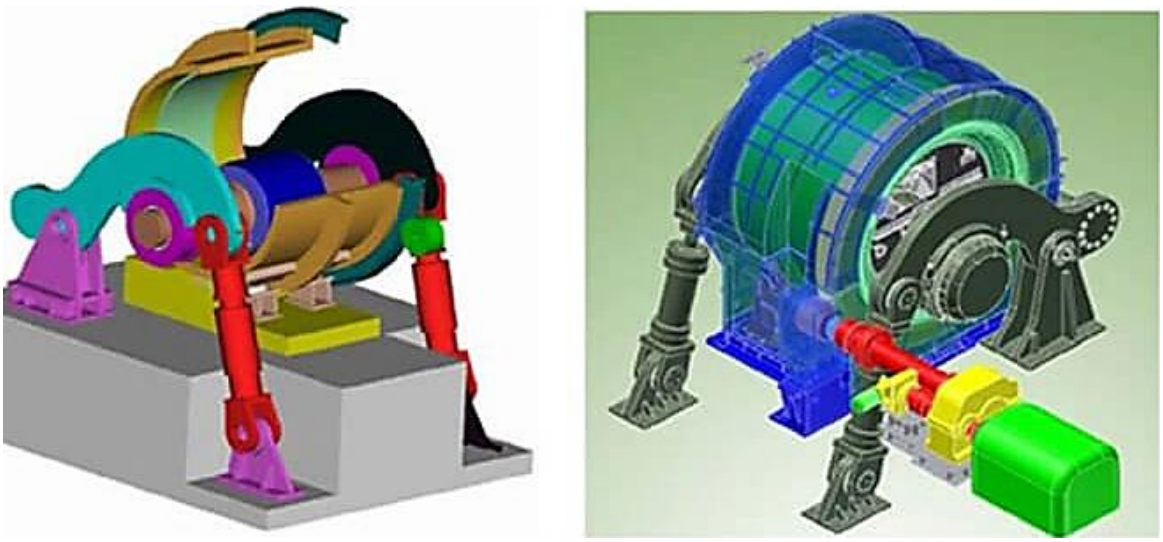


Рис. 1. Наочне зображення Horomill

При цьому визначальним параметром реалізації процесу стає величина швидкості обертання барабана. При заниженому значенні швидкості не відбувається завершення утворення пристінкового шару матеріалу, що спричинює спадання продуктивності та тонини помелу. Натомість при завищеному значенні швидкості зростає динамічне навантаження на обладнання та енергоємність приводу обертання барабана. Видається, що раціональним є мінімальне значення швидкість обертання, яке є необхідним і достатнім для утворення і збереження стійкого пристінкового шару матеріалу під час подрібнення.

Метою роботи було встановлення значення динамічних параметрів руху, що відповідають умовам утворення та зникнення пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження на поверхні камери обертового барабана.

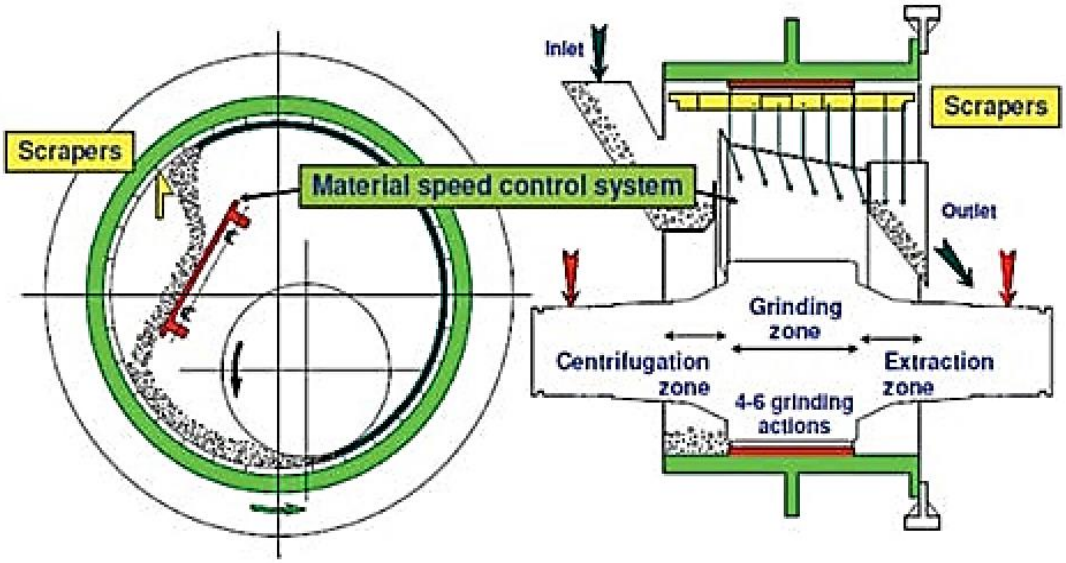


Рис. 2. Схема робочого процесу Horomill

Як метод дослідження було прийнято експериментальну фізичну візуалізацію перехідних режимів руху зв'язного зернистого завантаження камери обертового барабана. За допомогою безпосереднього зорового візуального спостереження через прозору торцеву стінку камери фіксувались взаємні переходи режимів руху завантаження при плавній зміні швидкості обертання. Перехід циркуляційного режиму руху в режим у вигляді пристінкового шару реєструвався при плавному збільшенні швидкості обертання. Зворотній перехід режиму у вигляді пристінкового шару в циркуляційний режим реєструвався при плавному зменшенні швидкості обертання.

Фіксувались значення кутової швидкості ω_{fl}, що відповідає утворенню пристінкового шару при прискоренні обертання, та швидкості ω_{dl}, що відповідає руйнуванню шару при сповільненні обертання. Для вимірювання швидкості обертання завантаженого барабана було використано тахометр стробоскопічного типу. Значення швидкості стаціонарного обертання барабана при усталеному русі текучого завантаження камери постійно перевірялось, для переконливості у правильності вимірювань. При використанні аналізу розповсюдження помилок похибка вимірювань швидкості становила приблизно ±3 %. Оцінка здійснювалась шляхом вимірювання стаціонарної швидкості обертання 5 разів для одного усталеного режиму руху завантаження. Як зв'язний зернистий матеріал внутрішньокамерного завантаження було прийнято цемент.

Було застосовано 9 барабанів із камерами різних радіусів, значення яких утворюють послідовність чисел, що складають геометричну прогресію зі знаменником $2^{0,5}$. Відносні розміри частинок дисперсного зв'язного завантаження у цих камерах складали $\psi_{dc}\approx 0{,}065\cdot 10^{-3}$, $0{,}092\cdot 10^{-3}$, $0{,}13\cdot 10^{-3}$, $0{,}18\cdot 10^{-3}$, $0{,}26\cdot 10^{-3}$, $0{,}37\cdot 10^{-3}$, $0{,}52\cdot 10^{-3}$, $0{,}74\cdot 10^{-3}$ та $1{,}04\cdot 10^{-3}$.

Для виявлення можливого прояву реологічного гістерезису переходу режимів руху зв'язного завантаження було прийнято немалі значення ступеня заповнення камери – $\kappa\geq 0{,}3$. Значення ступеня заповнення становили $\kappa=0{,}3$, 0,5, 0,7 та 0,9.

Графіки отриманих результатів експериментального визначення меж взаємного переходу циркуляційного та режиму пристінкового шару руху зв'язного зернистого завантаження обертового барабана наведено на рис. 3–6. Було встановлено межу утворення режиму пристінкового шару при прискоренні обертання ω_{fl} та межу руйнування режиму пристінкового шару при сповільненні обертання ω_{dl}. Графіки меж для ступеня заповнення камери $\kappa=0{,}3$ зображено на рис. 3, для $\kappa=0{,}5$ – на рис. 4, для $\kappa=0{,}7$ – на рис. 5 та для $\kappa=0{,}9$ – на рис. 6.

Як апроксимуючі для залежностей меж ω_{fl} та ω_{dl} в координатах Re і Fr було вибрано

степеневі функції. У логарифмічних шкалах Re і Fr такі степеневі залежності набувають лінійного вигляду (рис. 3–6).

Експериментальні залежності меж переходу режимів течії ω_{fl} та ω_{dl} характеризують вплив динамічних параметрів руху на утворення та руйнування пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження.

Кількісний аналіз графіків на рис. 3–6 дозволяє виявити закономірності зміни динамічних параметрів руху при утворенні та руйнуванні пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження.

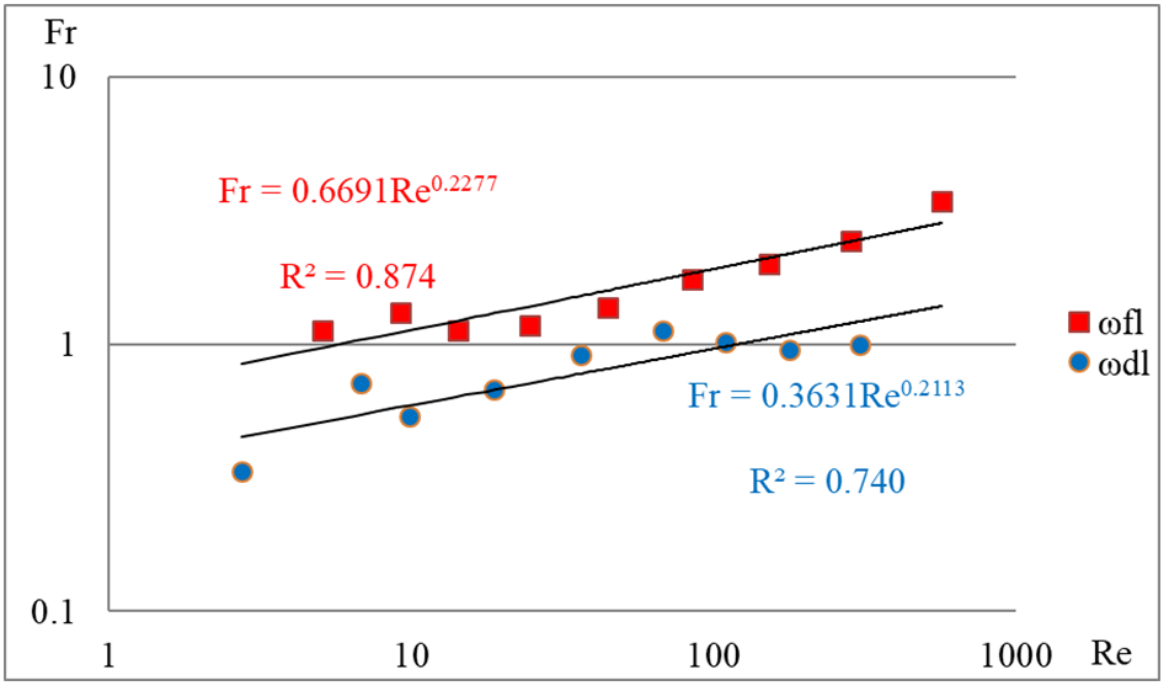


Рис. 3. Експериментальні межі переходу режимів руху зв'язного зернистого завантаження обертового барабана ω_{fl} та ω_{dl} для ступеня заповнення камери к=0,3

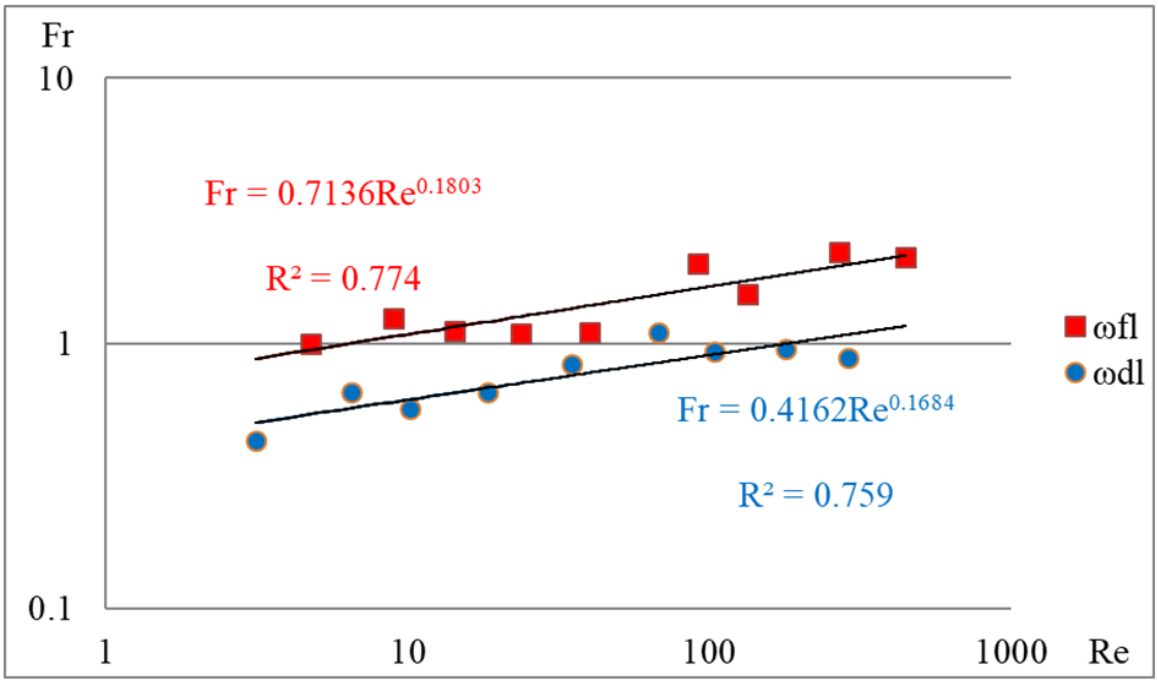


Рис. 4. Експериментальні межі переходу режимів руху зв'язного зернистого завантаження обертового барабана ω_{fl} та ω_{dl} для ступеня заповнення камери к=0,5

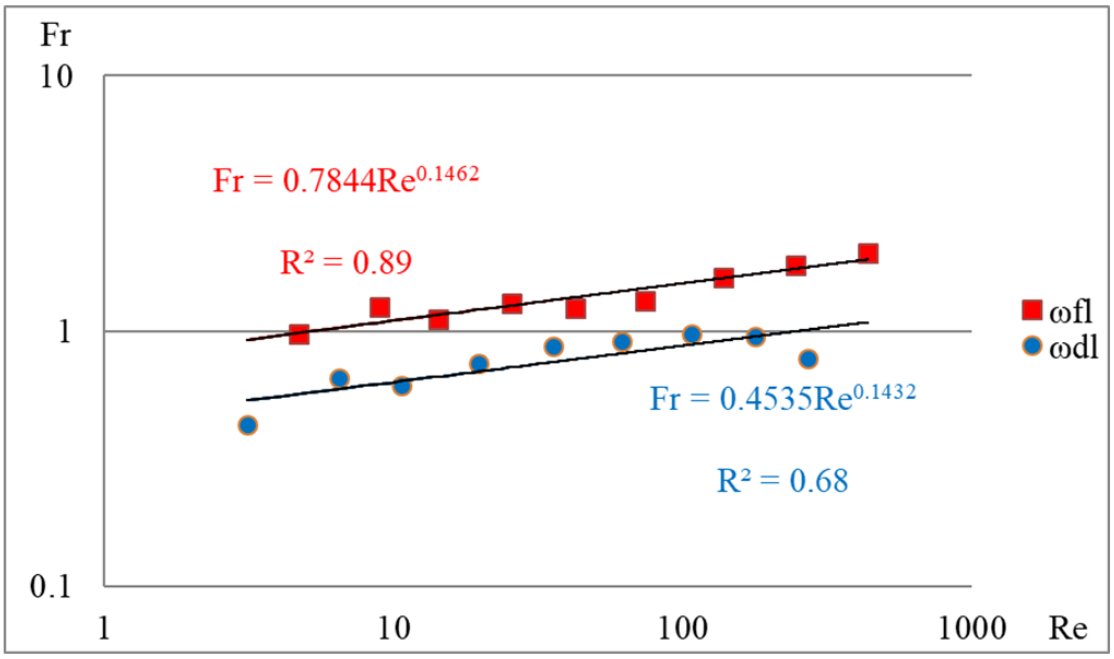


Рис. 5. Експериментальні межі переходу режимів руху зв'язного зернистого завантаження обертового барабана ω_{fl} та ω_{dl} для ступеня заповнення камери к=0,7

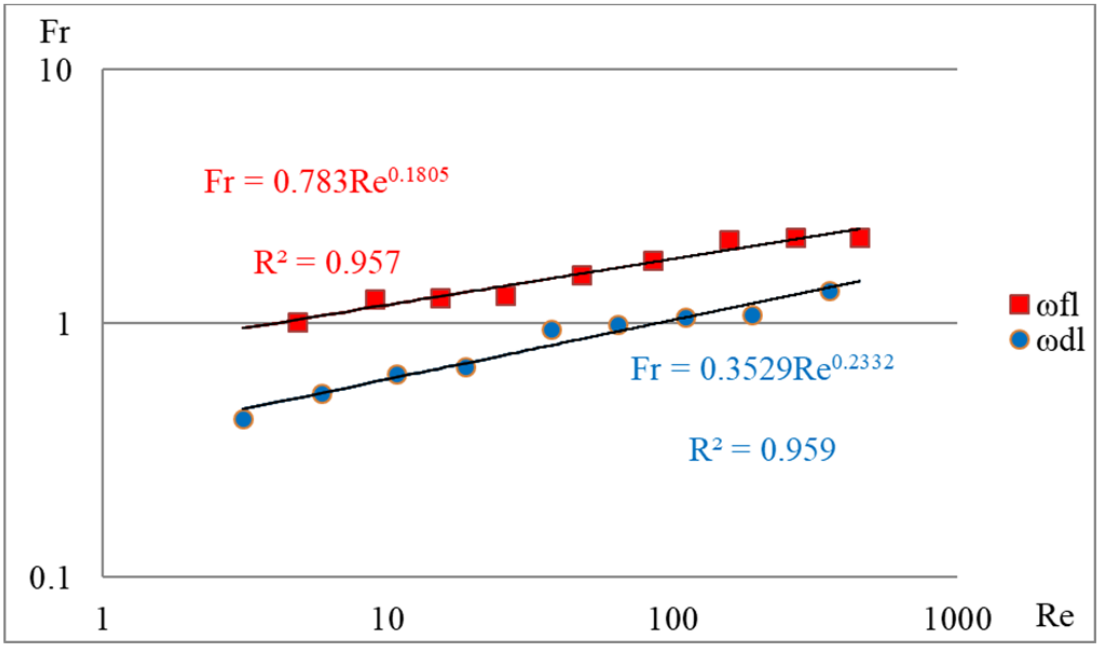


Рис. 6. Експериментальні межі переходу режимів руху зв'язного зернистого завантаження обертового барабана для ω_{fl} та ω_{dl} ступеня заповнення камери к=0,9

Було зареєстровано стійкий прояв реологічного гістерезису руху зв'язного завантаження обертової камери, що є властивим для течії рідкого завантаження. Гістерезис полягає у перевищенні значення швидкісної межі утворення пристінкового шару при прискоренні обертання ω_{fl} над значенням межі руйнування шару при сповільненні обертання ω_{dl}. Зокрема, значення числа Фруда для межі ω_{fl} перевищує таке значенням для межі ω_{dl}. Встановлено, що прояв гістерезису, як різниця меж значенням Fr для ω_{fl} та ω_{dl}, переважно посилюється зі збільшенням числа Рейнольдса. Інтенсивність посилення прояву гістерезису зростає зі зменшенням ступеня заповнення камери к. Виявлено також зростання значення Fr окремо для кожної межі ω_{fl} та ω_{dl} зі збільшенням Re.

У розглядуваному діапазоні Re=30–500 величина числа Фруда Fr для межі ω_{fl} становить

Fr=1–2,9, а для межі ω_{dl}–Fr=0,5–1,4. Величина Fr для межі ω_{dl} переходить значення 1 при Re=100–250. Перевищення значення Fr для межі ω_{fl} над таким значення для межі ω_{dl} становить 1,6–2,1 рази.

Встановлено, що швидкісна межа ω_{fl} утворення пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження, при прискоренні обертання, перевищує межу ω_{dl} руйнуванні шару, при сповільненні обертання. Різниця між значення числа Фруда для цих меж переважно зростає зі збільшенням числа Рейнольдса. Інтенсивність зростання такої різниці підвищується зі зменшенням ступеня заповнення камери. Значення Fr для кожної з цих меж зростає зі збільшенням Re. При відносному розмірі частинок зв'язного зернистого завантаження $\psi_{dc}\approx(0{,}065–1{,}04)\cdot10^{-3}$ та Re=30–500 значення Fr для межі ω_{fl} становить 1–2,9, а для межі ω_{dl} – Fr=0,5–1,4. Величина Fr для межі ω_{dl} переходить значення 1 при Re=100–250. Перевищення значення Fr для межі ω_{fl} над таким значення для межі ω_{dl} становить 1,6–2,1 рази. Це зумовлено стійким проявом встановленого ефекту реологічного гістерезису руху зв'язного зернистого завантаження обертової камери внаслідок квазізрідження зернистого середовища під впливом зв'язності.

Отримані результати щодо ефекту реологічного гістерезису руху зв'язного зернистого завантаження дозволили встановити можливість підвищення ефективності процесу подрібнення в барабанно-валкових млинах. Виявилось, що у період подавання матеріалу в камеру та формування пристінкового шару швидкість обертання необхідно підтримувати не нижче межі утворення шару при прискоренні обертання ω_{fl}. Натомість у період подрібнення прокатуванням під валком швидкість обертання можна зменшити не нижче межі руйнування шару при сповільненні обертання ω_{dl}. Це дозволяє суттєво знизити енергоємність помелу та динамічне навантаження за рахунок обертання барабана із мінімально можливою швидкістю, достатньою для збереження пристінкового шару матеріалу.

1. Naumenko Yu. V. Velocity regimes of motion of a viscous liquid in a horizontal rotating cylinder. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. Vol. 64. P. 453–459. doi: https://doi.org/10.1007/BF00862634

2. Naumenko Yu. V. Stability of a tube of a viscous fluid in a horizontal rotating cylinder. International Journal of Fluid Mechanics Research. 1996. Vol. 23. Issue 3-4. P. 271–277. doi: https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v23.i3-4.100

3. Naumenko Yu. V. Stability of the tubular layer of a deformed material in a rotating horizontal cylinder. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2000. Vol. 4., Issue 1. P. 108–114. doi: https://doi.org/10.1007/BF02465244

4. Naumenko Yu. V. Numerical calculation of the flow regimes of a fluid partially filling a horizontal rotating heat-exchange cylinder. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2001. Vol. 74. P. 736–744. doi: https://doi.org/10.1023/A:1016728915801

5. Naumenko Yu. V. The regime hysteresis of viscous flow with free surface in rotating horizontal cylinder. International Journal of Fluid Mechanics Research. 2004. Vol. 31. Issue 4. P. 358–368. doi: https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v31.i4.50

6. Naumenko Yu. Modeling of fracture surface of the quasi solid-body zone of motion of the granular fill in a rotating chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 2, Issue 1 (86), P. 50–57. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96447

7. Naumenko Yu., Sivko V. The rotating chamber granular fill shear layer flow simulation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. Issue 7 (88). P. 57–64. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107242

8. Naumenko Yu. Modeling of flow pattern of the granular fill in the cross section of a rotating chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 5. Issue 1 (89). P. 59–69. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110444

9. Naumenko Yu., Deineka K., Myronenko T. Establishing the conditions for the formation of a near-wall layer of solid granular fill of a rotating drum. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 5. Issue 1 (113). P. 51–61. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.24019

УДК 620.179.16

COMBINED MEASUREMENT CONTROL OF PHYSICAL-MECHANICAL PARAMETERS OF PRODUCTS OF PROCESSING AND FOOD EQUIPMENT MANUFACTURING

СУМІСНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Забіяка Наталія, Пироженко Євгенія, Себко Вадим

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
zabijaka.nata93@gmail.com

The paper proposes the idea of using a three-parameter eddy current method of controlling the parameters of equipment parts, the purpose of which is to determine the possibility of further work on equipment certification.

Вступ

Забезпечення сучасного вимірювального контролю фізико-механічних параметрів на машинобудівних підприємствах є обов'язковою умовою високого рівня якості та взаємозамінності виробів. З метою забезпечення необхідного рівня якості виробів, вузлів і конструкцій, необхідно контролювати якість матеріалу, а також створювати нові методи вимірювального контролю на основі алгоритмів дотримання режимів технологічних процесів, які дозволяють контролювати геометричні та інші фізико-механічні параметри і тим самим, визначати рівень якості деталей та складальних одиниць машинобудівного обладнання. При цьому інформація одержана на основі технічних вимірювань, дозволяє аналізувати дані тільки щодо стану оброблюваної поверхні деталей (овальність, конусність, циліндричність, шорсткість та ін.) і не дає можливість судити про рівень якості об'єкта контролю в цілому. Слід зазначити, що дуже важливим напрямом при контролі якості деталей і складальних одиниць, є дослідження структури, глибини термічної обробки деталі, розподіл внутрішніх напруг, характер і розподіл можливих внутрішніх і поверхневих металургійних дефектів деталей. Все це призводить до необхідності спільного вимірювального контролю геометричних, електромагнітних і температурних параметрів, аналіз яких дозволяє отримати найбільш повну інформацію про об'єкт контролю при виготовленні та експлуатації деталей, вузлів і конструкцій відповідального машинобудування, а також здійснювати подальші роботи з сертифікації продукції.

У цьому плані представляє великий теоретичний і практичний інтерес розвиток і вдосконалення вихрострумових методів і пристроїв контролю фізико-механічних параметрів деталей, вузлів та конструкцій обладнання машинобудівної галузі. На підприємствах вихрострумові методи, як правило, використовуються для визначення розмірів виробів і покриттів (товщинометрія), дефектів: тріщин, раковин, несуцільностей виробів (дефектоскопія) та фізико-механічних параметрів: міцності, твердості (структуроскопія).

При цьому основними перевагами вихрострумових методів і засобів контролю являються: безконтактність, простота функцій перетворення і схемних реалізацій, висока надійність і чутливість, можливість автоматизації процесу вимірювань параметрів виробів широкого асортименту. В основі вихрострумових методів контролю лежить ефект впливу вихрових струмів, що збуджуються в контрольованому об'єкті на електричні компоненти сигналів первинних теплових вихрострумових перетворювачів [1–3]. В якості таких інформативних параметрів можуть бути використані амплітуда, фаза і частота сигналу ВПТ, а

також опір та індуктивність намагнічувальної обмотки параметричного вихрострумового перетворювача (ПВП) [1–3].

Трипараметровий вихрострумовий метод вимірювального контролю фізико-механічних параметрів деталей обладнання.

У даній роботі досліджено багатопараметровий вихрострумовий метод і пристрій для спільного визначення діаметру d, питомої електричної провідності σ (питомого електричного опору ρ) і температури t циліндричного виробу на основі теплового вихрострумового перетворювача (ВПТ). В роботах [1–3] отримано комплексний параметр , який характеризує собою питому нормовану вхідну ЕРС $\bar{E}_{вн}$ ВПТ. При цьому модуль і фазовий кут $\varphi_{вн}$ параметру $\bar{N}$ (або $\bar{E}_{вн}$) для немагнітного виробу циліндричної форми, визначають на основі співвідношень [1–3]:

$$\left|\bar{N}\right| = \frac{\left|\bar{E}_{вн}\right|}{E_0\eta} = \sqrt{(1-k_t\cdot\sin\phi_t)^2 + (k_t\cdot\cos\phi_t)^2}; \quad (1)$$

$$tg\varphi_{внt} = -\frac{k_t\sin\varphi_t}{1-k_t\cos\varphi_t}, \quad (2)$$

де E_0 – ЕРС ВПТ при відсутності в ньому виробу,

η – коефіцієнт заповнення ВПТ виробом.

Коефіцієнт заповнення η визначається [1–3]:

$$\eta = \frac{d^2}{d_П^2}, \quad (3)$$

d і $d_П$ – діаметри виробу і вимірювальної обмотки ВПТ,

Re N і lmN – уявна і дійсна частини комплексного параметру N.

Параметр N представляє собою питому нормовану ЕРС ВПТ. Формула для визначення комплексного параметру N записується у вигляді [1–3]:

$$N = \frac{2}{x\sqrt{j}}\cdot\frac{I_1(x\sqrt{j})}{I_0(x\sqrt{j})}, \quad (4)$$

де x – узагальнений параметр:

$$x = \frac{d}{2}\sqrt{2\pi\mu_0 f/\rho}, \quad (5)$$

μ_0 – магнітна стала,

f – частота зондуючого магнітного поля,

I_1 і I_0 – модифіковані функції Бесселя першого роду першого і нульового порядків,

j – уявна одиниця, $j=\sqrt{-1}$.

Діаметр d циліндричного немагнітного виробу, що підається нагріванню, визначається при використанні функції перетворення $N_t = f(\varphi_{внt})$, за формулою:

$$d = d_П\sqrt{\frac{E_{внt}}{E_0 N_t}}, \quad (6)$$

де $E_{внт}$ і E_0 – ЕРС, яка вноситься і ЕРС теплового ТВД без виробу, які знаходяться при постійних значеннях частоти поздовжнього магнітного поля,

індекс t – означає, що тут і надалі контрольована величина визначається при поточній температурі t.

Далі знаходять електропровідність σ за формулою:

$$\sigma = \frac{2x^2}{\mu_0 d^2 \pi f}. \tag{7}$$

Для визначення температури застосовували залежність питомої електричної провідності σ від температури t:

$$\sigma = \frac{\sigma_1}{\left(1 + \frac{\alpha}{1+\alpha t_1}(t - t_1)\right)}. \tag{8}$$

Далі наведені наближені вирази, які пов'язують t з N, при використанні амплітудної та фазової складової компонентів багатопараметрового сигналу ВПТ. При попередніх вимірюваннях амплітудної складової, вираз для визначення температури t, має наступний вигляд:

$$t = \left(\sqrt{\frac{1-N_1}{1-N}} - 1\right)\left(\frac{1+\alpha t_1}{\alpha}\right) + t_1. \tag{9}$$

Для фазової складової сигналу ВПТ температуру t, можна визначити за формулою:

$$t = \left(\frac{tg\varphi_1}{tg\varphi} - 1\right)\left(\frac{1+\alpha t_1}{\alpha}\right) + t_1, \tag{10}$$

де N_1 і φ_1 – знаходять при початковій температурі t_1.

На рис. 1, з урахуванням [4], наведено схему ВТП зі зразком, що контролюється. Схема включає в себе генератор, частотомір, баретер (для стабілізації струму), зразковий опір R, вольтметри B_1, B_2 і B_3, фазометр Ф. ВТП включає в себе три ідентичні перетворювача: РП – робочий перетворювач, КП – компенсаційний перетворювач та ОП – опірний перетворювач. Робота схеми передбачає попередню компенсацію паразитної ЕРС E_1 за допомогою компенсаційного перетворювача КП виконаного у вигляді варіометру. Слід зазначити, що сигнали теплового ВТП є у даному випадку температурозалежними, тому що у схемі передбачено нагрівання зразка в процесі контролю (для імітації робочих температурних режимів в умовах виготовлення та експлуатації деталей і вузлів, а також їх подальшої сертифікації) [4]. Вимірювання фізико-механічних параметрів проводили на зразку, який виконано з алюмінію. Параметри зразка: d =15·10^{-3} м, l =0,30 м, ρ =1,75·10^{-8} Ом·м, α =4,3·10^{-3} 1/K, параметри РП параметри РП $l_П$ =0,35 м; $d_П$ =20·10^{-3} м. В якості контрольних методів застосовували мікрометричний метод (на основі використання мікрометра електронного цифрового МКЦ), а для визначення температури – два нікелевих терморезистора НТ. У табл. 1, представлені результати спільного вимірювання параметрів циліндричного зразка в діапазоні 20–150ºС. Також надано значення $d^/$ питомого електричного опору $\rho^/$ і температури $t^/$, які було визначено контрольними методами. Дані табл. 1, свідчать про узгодження результатів вимірювань діаметра d, питомого електричного опору ρ і температури t алюмінієвого зразка запропонованим і контрольними методами.

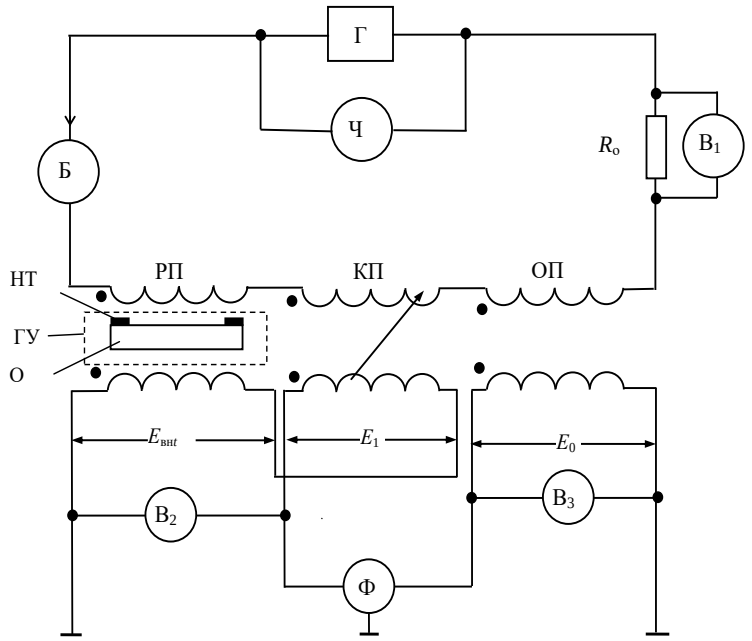


Рис. 1. Схема включення теплового ВТП із зразком, що контролюється

Таблиця 1

Результати сумісного визначення геометричних, електричних і температурних параметрів циліндричного зразка (f_1= 60,0 Гц, E_0=75 мВ; d′=15,0 мм)

t, ^{0}C	$\rho \cdot 10^{-8}$, Ом·м	x	N	d, мм	$t^/$, ^{0}C	$\rho^/ \cdot 10^{-8}$, Ом·м	γ_t, %	γ_ρ, %
18,72	1,721	3,23	0,62	15,001	20,00	1,729	-6,40	-0,46
38,14	1,851	2,95	0,61	15,003	40,00	1,858	-4,65	-0,38
64,61	1,875	2,89	0,60	15,002	65,00	1,869	2,93	0,32
104,90	2,180	2,79	0,58	15,003	105,00	2,177	0,95	0,14
126,72	2,400	2,71	0,57	15,002	125,98	2,397	0,62	0,13
144,97	2,538	2,68	0,56	15,002	145,00	2,540	0,29	-0,08

Висновок: Запропоновано трипараметровий вихрострумовий метод контролю параметрів циліндричних деталей обладнання переробних і харчових виробництв з метою визначення можливості проведення подальших робіт зі сертифікації обладнання.

1. Бабак В.П., Маєвський С.М., Щербак Л.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі: навч. посіб. Київ: Либідь, 1993. 194 с.

2. Білокур І.П. Основи дефектоскопії: підручник. Київ: Азимут-Україна, 2004. 496 с.

3. Середюк О.Є., Барна О.Б., Криницький О.С. Електричний, магнітний та електромагнітний види неруйнівного контролю в нафтовій галузі: навчальний посібник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. 348 с.

4. Себко В. В., Пироженко Є. В., Здоренко В. Г., Новожилова Т. Б., Нечипоренко Д. І. Методи багатопараметрового безконтактного контролю деталей обладнання пивоварних апаратів та зразків стічних вод. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». 2020. С. 17–28.

УДК 631.31

INCREASING THE RESOURCE OF THE WORKING BODIES OF AGRICULTURAL TECHNIQUE PARTS DURING ABRASIVE WEAR

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ

Захаров Андрій, Рибалко Іван

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

У статті розглядаються основні методи підвищення ресурсу деталей робочих органів при абразивному зношуванні в умовах експлуатації. Розглянуто особливості та ефективність застосування конструктивних та технологічних методів збільшення ресурсу ріжучих органів землерийних машин. Експериментальними даними проведено аналіз швидкості зносу. Для досліджень у зоні сплавлення сталей 65Г і 50ХР виникає перехідна структура зі складною будовою, що має ознаки як аустиніту, так і сорбіту.

Підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин має на меті забезпечити збереження початкової його форми, що забезпечує оптимальні режими роботи машини з погляду її продуктивності та витрати енергії. При підвищенні зносостійкості слід пам'ятати, що обраний метод повинен забезпечувати високу зносостійкість.

Крім того, шляхом проведення нескладних ремонтних операцій має відновлюватися первісна форма та розміри деталі та збереження її протизносних якостей.

Основні напрями підвищення довговічності робочих органів при абразивному зношуванні можна поділити на конструктивні, технологічні та експлуатаційні [1, 2].

Розглянемо особливості та ефективність застосування зазначених способів.

При конструюванні машин і деталей, що зношуються, для робочих органів сільськогосподарських машин можна виділити ряд наступних конструктивних заходів:

Надання деталям листової будови з відмінною зносостійкості, що забезпечує стабілізацію працездатної форми.

Самозаточувані органи, в процесі зношування зберігають достатню міцність і зносостійкість товщину ріжучої кромки і оптимальний профіль, допустимі для виконання технологічних операцій.

Термін служби може бути подовжений відновленням працездатності в міру зношування, як збільшення запасу на зношування деталей і компенсація зношування. У таких випадках збільшення запасу зношування забезпечує пропорційне підвищення терміну служби деталей.

Застосування способів зміни стану, структури та властивостей поверхневого шару для конкретних умов роботи дозволяє формувати поверхневий шар деталей наперед з заданими властивостями, внаслідок чого значно підвищується довговічність та надійність машин [3].

Однак ще багато деталей, що швидко зношуються, виготовляється з легованих дорогих сталей, хоча в умовах тертя об ґрунт вони показують невисоку зносостійкість, як наприклад, культиваторні лапи, що виготовляються зі сталі 65Г без її модифікування. В умовах експлуатації вони показали не високу зносостійкість і міцність.

Багато деталей сільськогосподарських машин, що працюють в умовах абразивного зношування, мають значне зношування, яке може становити близько 10-15% від ваги всієї деталі.

В даний час одним з ефективних технологічних способів підвищення ресурсу робочих органів сільськогосподарських машин є зносостійке зміцнююче наплавлення.

Наплавлення дають можливість застосовувати цей технологічний процес практично для будь-яких деталей машин та обладнання.

Наплавлення зносостійких сплавів цілком задовольняє поставленим вимогам, так як забезпечує можливість нанесення на зношені поверхні різальних елементів зносостійких шарів наплавленого металу загальною товщиною до 3-6мм в один, а при необхідності і в кілька шарів. Метод дозволяє відновлювати початкову форму зношених деталей, їх зносостійкість та довговічність.

Конструкційна зносостійкість характеризує здатність робочих органів чинити опір зношування в умовах, що визначаються всією сукупністю конструктивно-експлуатаційних факторів, здатних впливати на швидкість зношування та на ресурс.

Дослідження показує, що оптимальним варіантом для лап культиваторів буде застосування лап із сталі 65Г, наплавлених електродами Т-590. При цьому їхня зносостійкість зростає в 1,6...2,5 рази в порівнянні з еталонними культиваторними лапами зі сталі 65Г без модифікування.

Експлуатаційні випробування наплавлених культиваторних лап проводилися також методом порівняння. Для цього на культиватор, крім трьох наплавлених лап, були встановлені дві нові не зміцнені лапи.

Були проведені дослідження по наплавленню зношеної робочої поверхні сталлю 50ХГ. Дані дослідження показують, що незважаючи на дефекти наплавлення і відколи металу в різальній частині, зносостійкість лап, наплавлених сталлю 50ХГ, виявилася порівнянною зі зносостійкістю не тільки лап, відновлених за існуючою технологією, але і нових лап. Звідси випливає дуже важливий висновок: існуюча технологія електрошлакового наплавлення (ЕШН) може бути ефективно модернізована шляхом заміни дорогої високомарганцевої сталі 65Г дешевшим аналогом, що як мінімум, призведе до різкого скорочення витрат на відновлення лап при збереженні їх довговічності на досягнутому рівні. Однак для досліджень більше значення має встановлена в ході даних експериментів технологічна сумісність аустенітної структури сталі 65Г і, наприклад, сорбіту відпустки; термообробленої сталі 50ХГ. Слід вважати, що у зоні сплавлення зазначених сталей виникає перехідна структура зі складною будовою, яка має ознаки, як аустеніту так і сорбіту.

За результатами даних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Переважаючим видом зношування робочих органів сільськогосподарських машин – культиваторних лап є абразивне зношування, що супроводжується пластичним відтисненням металу і зміною первісної форми лапи макро- і мікрорізання металу абразивними частинками.

2. Діючі в процесі роботи лапи динамічні навантаження не викликають потрібного глибокого наклепу аустеніту, а тонкий наклепаний шар, що утворюється, не може протистояти руйнівній дії абразивних частинок, тому в аналізованих умовах роботи не реалізується одна з головних фізико-механічних властивостей сталі 65Г наклепуваність під дією деформуючих зусиль.

1. Ікрамов У.А. «Трибоніка». Ташкент, 2003. 336 с.

2. Браун Е.Д., Петрова І.М., Москвитін Г.В. «Критерії з метою оцінки довговічності елементів трибосполучення». «Тертя і знос», 1998. Т. 19 № 2. С. 176-181.

3. Шукуров Р.У. «Вплив форми ріжучих органів землерийних машин з їхньої ресурс». РАН Транспорт, наука, техніка, керування. Москва, 2001. № 3. 24-26 с.

УДК 621.01

DETERMINATION OF THE CONDITION OF EARTHWORKING MACHINES BY THE VALUE OF THE GENERAL EFFICIENCY COEFFICIENT

ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ

Кебко Олександр, Чмуж Ярослав

Український державний університет залізничного транспорту,
Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

На сьогоднішній день різноманітні землерийні машини (автогрейдери, бульдозери, скрепери та інші машини) забезпечують різання і переміщенням ґрунту на задану відстань при будівництві та реконструкції залізничних і автомобільних доріг. При використанні таких машин змінюється їх стан, який призводить до зниження продуктивності роботи і одночасно до підвищення витрат палива. Традиційні методи діагностування не забезпечують певною мірою необхідний результат для гідрофікованих будівельних та землерийних машин, що веде до великих матеріальних та фінансових витрат. Тому зменшення витрат на технічне обслуговування та надійну і безпечну експлуатацію землерийних машин (ЗМ), можливо досягти за рахунок застосування сучасної методології їх технічного діагностування. Найбільш ефективним напрямком процесу технічного діагностування є вибір узагальненого параметра в якості діагностичної ознаки для більшості складових елементів машини. Такою діагностичною ознакою можливо прийняти загальний коефіцієнт корисної дії (ККД). Для його використання як показника внутрішнього стану всієї землерийної машини і її складових будемо розглядати на базі використання системного підходу у вигляді цілісної системи. Така система складається із джерела енергії і багатьох споживачів енергії, завдяки яким енергія у вигляді палива в ході робочого процесу перетворюється в реальну продуктивність машини при взаємодії її робочого обладнання з ґрунтом. Причому, внутрішній стан землерийних машин і її складових за величиною загального коефіцієнта корисної дії визначається на всіх ділянках структурної схеми машини від джерела енергії до результату перетворення енергії, що дозволяє звести до мінімуму витрати для запровадження системи бортового діагностування.

Згідно відомих досліджень [1, 2, 3] землерийні машини розглядаються у вигляді системи зі складною структурою, які умовно можна поділити на ряд складових, де кожна з яких характеризується своїм входом і виходом та внутрішнім станом. До основної складової відноситься двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), яку представляємо як джерело енергії. До складових землерийних машин відноситься трансмісія і гідросистема. Вони в складі цілісної системи машини, представляють собою активні складові у вигляді споживачів енергії. До пасивних складових в структурі теж як споживачів енергії відносяться шарніри робочого обладнання, призначених, наприклад, для з’єднання корпусу машини з відвалом, ковшем або розпушувачем. Функціональна складова в структурі машин для земляних робіт представляє собою – робочий процес, який становиться можливим за наявності оператора. Оператор (як припущення), в складі землерийної машини приймається зі сталим рівнем кваліфікації, тому, на підставі такого ствердження він не може впливати в на стан і результати функціонування машин і тому оператор, в подальшому, не враховується в цій структурі. В даних дослідженнях машини для земляних робіт, розглядаються в сукупності всіх структурних складових у вигляді цілісної системи, яка характеризується своїми входами та своїм виходами, які представлені рис. 1.

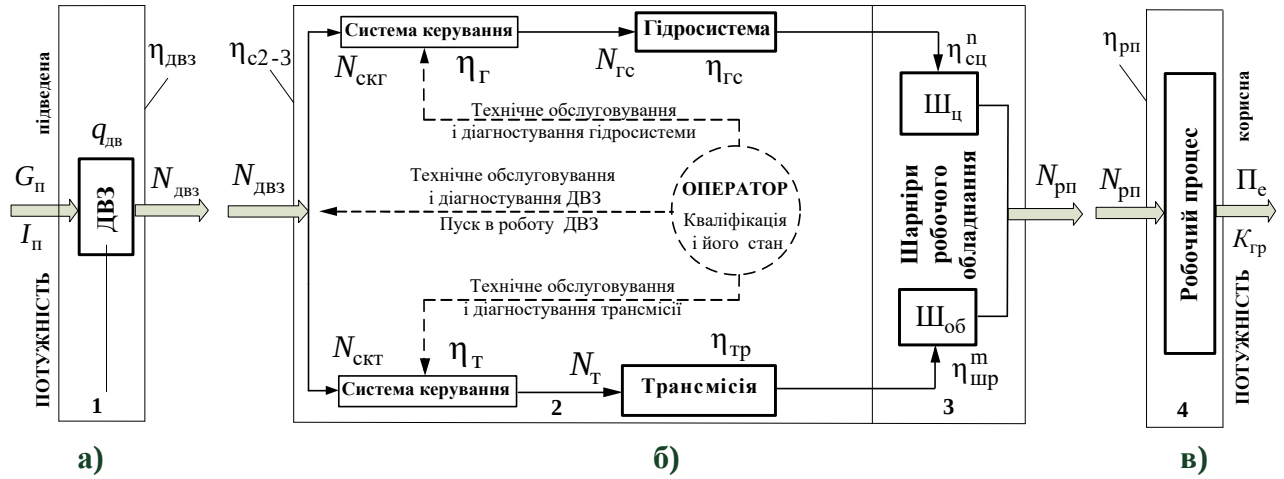


Рис. 1. Складові споживача енергії в структурі ЗМ:
а) – джерело енергії; б) – споживач енергії первинного рівня; в) – споживач енергії вторинного рівня

До структурних складових цілісної системи землерийних машин входить: група 1, що представлена у вигляді джерела енергії (ДВЗ); група 2 представляє з себе трансмісію і гідросистему; група 3 складається з шарнірів робочого обладнання; група 4 представляє робочий процес.

Структура споживача енергії, наведеного на рис. 1, складається зі споживачів енергії первинного та вторинного рівнів. До споживачів енергії первинного рівня входить групи 2, 3 а до споживачів вторинного рівня група 4. Де група 1 являється входом а групи 2, 3, 4 – виходом.

На підставі системного підходу для споживачів енергії первинного і вторинного рівня, наведених на рис. 1 б) і в) як самостійних складових для кожної із них представляються вхідні і вихідні параметри та внутрішній їх стан, який виражається за величиною їх загального ККД. Для споживачів енергії, наведених на рис. 1 б) і в) із трьох її параметрів, два параметри із них можна встановити на підставі відомих досліджень. Тоді, третя складова визначається на підставі застосування системного підходу.

Узагальнюючи, можна зазначити, що використання методології діагностування стану гідросистем і даної методології з визначення загального ККД складових землерийних машин, дозволяє розробити подібний підхід для діагностування стану структурних складових інших машин, результати яких планується представити в подальших дослідженнях.

На підставі визначення величин загального ККД різноманітних ЗМ за рівнем потужності, витратам палива і продуктивності роботи можна провести порівняння їх результатів і визначити таку машину, яка із них являтиметься найбільш ефективною при виконанні земляних робіт. Оскільки, як показують дослідження, вони є найбільш енергетично затратними. За результатами знання величини загального ККД землерийних машин і їх складових процес визначення їх стану можна забезпечити для всіх їх стадій життєвого циклу, тобто на стадії проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту машин.

1. Холодов, А.М. Проектирование машин для земляных работ: Под ред. А.М. Холодова / А.М. Холодов. – Харьков: Вища школа. Изд. при Харьк. ун-те, 1986. – 272 с.

2. Холодов, А.М. Землеройно-транспортные машины: Справочник / А.М. Холодов, В.В. Ничке, Л.В. Назаров – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1982. – 192 с.

3. Блохин, С.В. Машины для земляных работ, предпосылки повышения их конкурентоспособности: учебное пособие / С.В. Блохин, Н.Г. Малич. – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2005. – 304 с.

УДК 621.9.048

ENERGY RESEARCH OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF VIBRATION-CENTRIFUGAL PROCESSING OF MACHINE PARTS

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кондратюк Олександр, Кобилюс Олександр, Голоюх Сергій

Рівненський економіко-технологічний фаховий коледж, НУВГП
вул. Литовська, 53, м. Рівне, 33000

Ефективність розвитку машинобудування, інтенсифікація економіки опирається на великі можливості сучасного науково-технічного прогресу, його пріоритетні направлення, які забезпечують швидке і масштабне впровадження всього передового і якісне перетворення продуктивних сил. Важливе значення в забезпеченні якості машинобудівельної продукції мають високопродуктивні методи зачисної, шліфувальної і зміцнюючої обробок деталей складних профілів, які складають 10…20% загальної трудоємкості виготовлення деталей. Рішення задач з ефективної механізації цих операцій, це розробка і впровадження нових високопродуктивних методів фінішної обробки, один із яких є вібраційний. Широкі технологічні можливості процесу вібраційного оброблення в поєднанні з високою продуктивністю і можливістю оброблення деталей складної конфігурації при виконанні фінішних операцій ставить його в число найбільш актуальних і перспективних способів механічного оброблення різновидних деталей машин і викликає необхідність всебічних досліджень, які сприяють широкому впровадженню процесу у виробництво.

Підвищення продуктивності, енергоємкості і якості вібраційної обробки деталей створює передумови розвитку технологічного процесу, інтенсивність якого визначається величиною сили взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею [1]. Одним із найбільш інтенсивних методів цього технологічного процесу є вібраційно-відцентрова обробка деталей в установках з жорсткою кінематичною схемою, які створюють складний рух робочого середовища в середині камери. Рух робочої камери може бути не тільки просторовим чи планетарним, але і по складній просторовій кривій. Створені по цьому принципу установки технологічного процесу обробки деталей в сипучому абразивному середовищі, забезпечують підвищення його продуктивності і інтенсивності [2]. Для виявлення закономірностей зміни мікрогеометрії і фізико-механічних властивостей поверхневого шару оброблюваної поверхні проведено експериментальні дослідження обробки деталей в вібраційно-відцентровій установці з робочою камерою в карданному підвісі, кінематика якої забезпечує складні кутові коливання поверхневих точок робочої камери, що відповідає одному із найбільш інтенсивних видів вібраційної обробки в сипучому абразивному середовищі.

Експериментальна вібраційно-відцентрова установка (рис. 1) складається із станини 1, виконаної із сталевої труби діаметром 630 мм, до нижнього торця якої приварено основу, виготовленої із товстого стального листа. Вздовж діаметрально протилежних твірних в середині поверхні станини 1 приварені кронштейни 2 для кріплення опор 3, які є зварним корпусом, в який завулканізовано гумою капронова втулка рухомого з’єднання з цапфами рамки 4. За допомогою знімних цапф 5 з рамкою 4 з’єднана робоча камера 6. До дна робочої камери приварена ступиця з квадратним отвором, в який вільно входить водило 7, посаджено нижнім своїм кінцем в сферичний підшипник кочення. Корпус 8 сферичного підшипника, при допомозі шарнірів, зв’язаний з вилкою 9, яка має різьбовий отвір для з’єднання з ходовим гвинтом 10. Ходовий гвинт має в наявності праву і ліву різьбу. На ділянку з лівою різьбою накручується противага 11. Ходовий гвинт встановлено в опорах кривошипа 12, який

обертається за допомогою клино-ремінної передачі від електродвигуна, а стійка кривошипа жорстко кріпиться до основи станини. Така конструкція механізму приводу дозволяє плавно змінювати амплітуду кутових коливань.

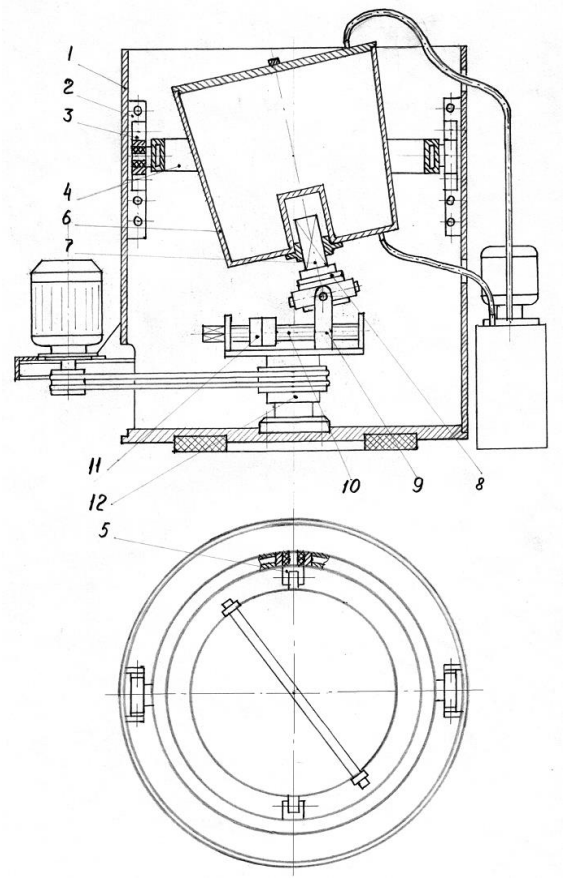


Рис.1. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки

Керуючи величиною амплітуди кутових коливань і частотою обертання вібраційно-відцентрової установки, можна змінювати технологічний процес і режим оброблення поверхонь деталей в сипучому абразивному середовищі. Проведені експериментальні дослідження визначають,що виникає необхідність керувати в процесі обробки кількістю енергії, яку отримує гранула від поверхні робочої камери, тобто режимом обробки. Виходячи з умов забезпечення потрібних характеристик якості поверхневого шару, можна вибрати різновидність режимів обробки, які керуються програмами управління технологічним процесом [3].

Вихідні параметри виступів шорсткості поверхні, які отримані попереднім видом оброблення поверхневого шару і режимом обробки, фізико-механічні властивості матеріалу, можливо визначити середнє значення зусилля динамічного удару абразивної гранули.

$$P_{уд.сер}=f(F_{сер.});$$

де $F_{сер}$ – середнє значення площі виступів, м^2.

Використовується середньоарифметичне значення відхилення шорсткості поверхні R_a, де за базовою лінією служить середня лінія профілю, тобто:

$$\sum_{i=1}^{n} F_{i\,вис} = \sum_{i=1}^{n} F_{i\,вп} \ ,$$

де $F_{i\,вис}$ і $F_{i\,вп}$ – відповідно площа і-тої впадини і виступу відносно базової лінії.

Виходячи з цього, величину середнього значення площі виступів визначаємо за формулою:

$$F_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_{i\,вис}}{n_{вис}},$$

де $\sum_{i=1}^{n} F_{i\,вис} = \frac{R_a \cdot l}{2}$; $n_{вис} = \frac{l}{S_к}$;

R_a – середньоарифметичне значення шорсткості поверхні, мкм;

l – базова довжина, мкм;

$S_к$ – середній крок мікронерівностей, мкм.

Тоді

$$F_{сер} = \frac{R_a \cdot S_{\hat{e}}}{2}, \tag{1}$$

$$P_{уд.сер} = K_{обр} \frac{R_a \cdot S_к}{2} G_{міц}, \tag{2}$$

де $G_{міц}$ – границя міцності матеріалу деталі, Па;

$K_{обр}$ – коефіцієнт, який залежить від умов обробки.

Взаємодія абразивної гранули з оброблюваною поверхнею залежить не тільки від сили динамічного удару, а і від її розмірів, геометричної форми, зернистості і т.ін. Відомо, що абразивний наповнювач вибирають в залежності від характеру операції, вимог до якості обробки, форми, розмірів і матеріалів оброблюваних деталей, величини вихідної шорсткості поверхні, її характеристики. Підбір величини сили динамічного удару гранули абразивного робочого середовища, її розміру, геометричної форми, маси і зернистість для певної геометричної форми і характеру вихідної шорсткості оброблюваної поверхні деталей дозволяє досягнути потрібну шорсткість поверхні деталі. Для забезпечення даного технологічного процесу потрібна величина динамічного удару визначається кількістю енергії, розсіяної в абразивному робочому середовищі, кількістю енергії, що припадає на одну гранулу, від поверхні камери, що коливається:

$$\Delta E_{сер} = \frac{c \cdot P_{уд.сер} \cdot K_a \cdot S}{d_{гр}^2}, \tag{3}$$

де K_a=(0,5…0,75) – коефіцієнт активної площі камери;

S – площа камери, м^2;

$d_{гр}$ – грануляція робочого середовища, м;

$$c = \frac{\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu \cdot \sin\alpha} = (2...10),$$

де α – передній кут дії гранули, град.;

μ – коефіцієнт тертя.

Ця енергія визначається кінематичними і конструктивними параметрами вібраційних і вібраційно-відцентрових установок. Основними кінематичними параметрами вібропристроїв є амплітуда A і частота ω коливань робочої камери. Виходячи із умов забезпечення потрібних характеристик поверхневого шару і експлуатаційних властивостей деталей, можна вибрати різні варіанти режимів обробки технологічного процесу.

На основі проведених досліджень і їх аналізу можна зробити наступні висновки.

1. Формування шорсткості і якості поверхні деталей проходить по певним закономірностям вібраційно-відцентрових процесів, які залежать від енергоємності сипучого абразивного середовища.

2. Вихідна шорсткість і фізико-механічні властивості поверхневого шару оброблюваних деталей можуть бути використані при підборі енергоефективності технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки.

1. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии. Ростов-н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.

2. Кондратюк О.М., Ромейко І.В. Аналіз циркуляції робочого середовища при вібраційно-відцентровій обробці деталей // Вісник НУВГП. Випуск 2(34) – Рівне: 2006. – С. 253-271.

3. Кондратюк О.М., Серілко Л.С. Оптимізація технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей. – Вінниця: Всеукр.наук-техн.ж. «Вібрації в техніці та технологіях» № 1(61). 2011. – С. 87-93.

УДК 621.793

INCREASING THE RESOURCE OF HIGH-CARBON STEEL MACHINE PARTS WITH THE HELP OF GAS-FLAME DEPOSITION OF COMPOSITE MATERIALS

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ ЗА РАХУНОК ГАЗОПОЛУМЕНЕВОГО НАПИЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лузан Сергій, Ситников Павло

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Головною причиною низького ресурсу ґрунтообробних деталей сільськогосподарських машин (стрілчасті лапи, лемеші, дискові борони, рихлячі та ін.) є інтенсивне зношування їх поверхонь абразивом у поєднанні з високими динамічними навантаженнями. Для виготовлення таких деталей широко використовується вуглецева сталь 65Г, яка має недостатню зносостійкість при роботі в ґрунті, тому не може забезпечити заданий ресурс деталей. Вихід машин з експлуатації з причини абразивного зношування зумовлює втрати агропромислової продукції з простою техніки, потребує витрат на виконання ремонтних робіт та відволікає для цього частину персоналу підприємства. Враховуючи ці обставини, питання підвищення ресурсу деталей машин є актуальними.

Впродовж минулого сторіччя основним способом підвищення стійкості металу до абразивного зношування було використання технологій термічної та хіміко-термічної обробки, застосування легованих високоміцних сталей, що зумовлює значні витрати як на дороговартісні матеріали, так і металорізальний та штамповий інструмент. Причому, не зважаючи на те, що зі збільшенням вмісту легованих елементів міцність, твердість та зносостійкість зростає, в той самий час ймовірність крихкого руйнування підвищується. Через це більшого значення набувають різноманітні технології нанесення захисних покриттів, серед яких широкого розвитку набула група газотермічних методів. До газотермічних методів відносять: плазмове, газополуменеве та детонаційне напилення, а також електродугову металізацію. Загальний принцип формування таких покриттів полягає у формуванні поверхневого шару з дискретних частинок матеріалу, нагрітих та прискорених струменем високотемпературного газу. У якості вихідних матеріалів застосовуються порошки різних металів та сплавів, оксиди, шпінелі, оксидні композиції, тугоплавкі з’єднання карбідів, нітридів, боридів, а в останні роки – композиційні матеріали.

Композиційні матеріали (КМ) – це гетерофазні матеріали, окремі фази яких виконують задані спеціальні функції. КМ вдається поєднувати в собі властивості кожного вихідного компоненту, оскільки його властивості формуються за рахунок додавання компонентів (адитивність), або за рахунок їх спільного посилення (синергізм). Основою КМ є матриця з внесеними до неї включеннями (вміст останніх, як правило, складає від 5 до 60 %). Традиційно КМ отримують методами порошкової металургії, здійснюючи попередній підбір їх вихідних компонентів відповідно до спеціальних заданих функції та сфери практичного застосування.

Одним із сучасних, найбільш простих та енергоефективних способів отримання КМ є самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС) [1]. Основою СВС є відкрите наприкінці 70-х років XX ст. групою вчених у складі О. Г. Мержанова, І. П. Боровінської та В. М. Шкиро фізичне явище «твердого полум’я». Створення КМ на основі СВС полягає у локальному ініціюванні високоекзотермічних реакцій між вихідними реагентами, що дозволяє генерувати значну кількість теплоти для поширення фронту перетворення через всі вихідні реагенти для утворення продуктів синтезу. Загальну схему СВС-процесу можна представити у наступному вигляді [2] (1):

$$X (i) + Y (i) + \ldots n (i) = Z (k) \quad (1)$$

де X (i) – реагент у твердому стані;
Y (i) – реагент у твердому, рідкому або газоподібному стані;
Z (k) – продукти синтезу.

На основі СВС синтезовано понад 500 хімічних з'єднань, отримано багато тугоплавких сполук різного хімічного та фазового складу (карбіди, нітриди, силіциди, інтерметаліди та ін.). При створенні СВС- матеріалів широко проводяться роботи зі створення безвольфрамових матеріалів та композицій. Серед нового компонента, який дозволяє виконати заміну вольфраму, використовують карбід титану. Карбід титану має ряд суттєвих переваг у порівнянні з вольфрамом: низьку вартість, наявність сировинної бази, відносно малу питому масу, високу твердість, хімічну стійкість та зносостійкість. Високий екзотермічний ефект Ti має широкий вибір матеріалу для зв'язки, зокрема Fe, Ni, Co, Cr та ін. В результаті утвореного тепла, температурна твердих та розплавлених продуктів реакції досягає 2500 – 3000 К. Така реакція не залежить від зовнішніх джерел нагріву та може поширюватися як хвиля горіння, самостійно утворюючи енергію для свого поширення.

Авторами було розроблено новий КМ, синтезований з використанням СВС-процесу. В якості основних вихідних компонентів були обрані порошки: Ti, C, SiO_2, Al_2O_3,Fe_2O_3, Al, ПТ-НА-01. Оксиди SiO_2 та Al_2O_3 було додано у вигляді вогнетривкої меленої глини, з відповідним розподілом 55 % та 31 % масових одиниць. Компоненти зважували на електронних вагах за розрахунковим стехіометричним співвідношенням, після чого вони піддавалися механічній активації. Механічну активацію компонентів здійснювали протягом 10 хв. при 130 об/хв. з використанням кульового млину. Перемелену шихту було спресовано у циліндричний зразок, після чого шляхом підводу короткочасного теплового імпульсу ініційовано СВС-реакцію. Отриманий спік було подрібнено до порошкового стану, змішано з матеріалом матриці, після чого здійснено повторну механічну активацію. У якості матеріалу матриці використовували самофлюсований сплав ПГ-10Н-01. Газополуменеве напилення здійснювали ацетиленокисневим полум'ям за допомогою ручного пальника ГН-2М з дистанцією напилення 120-150 мм на дослідний зразок зі сталі 65 Г.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що отриманні покриття мають когерентні зв'язки між гетерогенними фазами, що дозволяє забезпечити високі фізико-механічні властивості. Дослідженнями на абразивне зношування в умовах тертя при незакріплених абразивних частинках (відповідно до ГОСТ 17367-71) встановлено, що розроблений КМ {10 % (Ti – C – SiO_2 – Al_2O_3 – Fe_2O_3 – Al – ПТ-НА-01) – 90 % ПГ-10Н-01} має у 1,6 разів більшу зносостійкість порівняно зі самофлюсованим сплавом ПГ-10Н-01, що дозволяє підвищити ресурс деталей сільськогосподарських машин у 2 – 3 рази.

1. Luzan, S. A., Sidashenko, A. I., Luzan, A. S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using SHS-process. (2020) Metallofizika and Noveishie Tekhnologii, 42 (4), pp. 541-552. DOI: https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541

2. Ситников П. А., Швець М. С., Лузан С. О. Мікроструктура зносостійкого покриття із включеннями дисперсних фаз. Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців: матеріали XV Міжнародної наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів. / За ред. проф. Є. І. Сокола, 01–03 грудня 2021 р., Харків, Україна, НТУ «ХПІ», 2021, С. 427–428.

УДК 624.012.35

IMPROVEMENT OF FEED BINS OF THE CONCRETE PRODUCTION COMPLEX

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИДАТКОВИХ БУНКЕРІВ ДОЗУЮЧОГО КОМПЛЕКСУ З ВИРОБНИЦТВА БЕТОНУ

Мохрик Олександр, Нечидюк Анатолій, Бундза Олег

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Одним із найважливіших етапів технологічного процесу виготовлення бетону є процес підготовки інертних матеріалів, а саме піску, щебеню, їх ефективне дозування, що визначає якість готового продукту і витрати енергії на його виробництво. Процес дозування є одним з найбільш важливих, і енерговитратних технологічних процесів.

Для підвищення надійності роботи дозатора технологічного комплексу проведений аналіз існуючих конструкцій видаткових бункерів для інертних матеріалів. Проведений аналіз засвідчив наступні недоліки:

- для монтування видаткових бункерів великих об’ємів (більше 15 м^3) влаштовують фундаменти;
- шарнірне кріплення стінок бункерів обмежує їх об’єм та навантаження на них.

Отже, удосконалення конструкції видаткових бункерів можна проводити в напрямку вдосконалення фундаментів і влаштуванні конструкції з металевих опор раціональної конструкції та необхідної міцності.

Сформульовані вимоги до конструкції видаткових бункерів дозаторів технологічних комплексів з виробництва бетону. Конструкція повинна відповідати наступним вимогам:

- бути зручною для транспортування;
- мати мінімальні витрати на монтаж;
- мати регульований об’єм бункерів за рахунок зміни конструкції бортів.

Патентний аналіз засвідчив, що найбільше патентів спрямовані на зменшення металоємності конструкцій, вдосконалення їх транспортних властивостей, покращення експлуатаційних характеристик.

Для забезпечення швидкого проєктування та оперативного виготовлення даного обладнання використовували сучасні методи проєктування, а саме з використанням CAD та CAE систем. У якості CAD-середовища проєктування використано програмний комплекс Компас 3D версії 17. Створені твердотільні моделі дозволили виконати міцнісний аналіз конструкцій методом кінцевих елементів. Виконаний міцнісний аналіз пропонованого бункера, а також порівняно запропоновану конструкцію з початковою конструкцією видаткового бункера для інертних матеріалів. Міцнісний аналіз моделей бункера для інертних матеріалів дозволив визначити найбільш напружені елементи конструкції та визначити їх запас міцності.

Запропонована конструкція зображена на рис. 1. Модернізований видатковий бункер інертних матеріалів складається з наступних частин. Верхній та нижній пояси рами виготовляються з швелера, вони з’єднуються стойками із швелера. Максимальна висота рами видаткових бункерів обмежується транспортними габаритами. Також після модифікації була зменшена загальна довжина рами конструкції. Бункери для зберігання інертних матеріалів виготовляються з листового металу, вони розділені на 3 відсіки різних розмірів. Бункери з опорною рамою з’єднуються зварним з’єднанням. Дозатор технологічного комплексу складається з трьох видаткових бункерів, два бокових бункери у верхній частині мають менший розмір, ніж середній бункер.

Так як стрічковий дозатор встановлений всередині рамної конструкції, то зменшена максимальна висота бункерів. Довжина середнього бункера більша, тому його розбито на дві вивантажувальні горловини для того, щоб утворилися оптимальні для транспортування матеріалу кути нахилу бічних стінок.

До нижньої частини бункерів приварюється видаткова горловина з шиберним затвором. Шиберний затвор рухається за допомогою пнемоциліндра, який кріпиться до стінки бункера. З протилежної сторони на стінку бункера можливо встановити вібратор для запобігання зависання матеріалів. На висоті 1/2 від верхньої сторони бункера по периметру дається пояс із кутника для запобігання прогинання листів бункера.

Для того, щоб матеріали засипалися в бокові бункери, борти над ними були спеціально спроєктовані під розмір стандартної довжини ковша фронтального навантажувача. Вони також були зроблені так, щоб у середній відсік можливо було навантажити 15 м^3, а в бокові по 13,5 м^3 інертних матеріалів. Х-подібні розпірки із швелера з'єднуються між собою за допомогою зварних пластин.

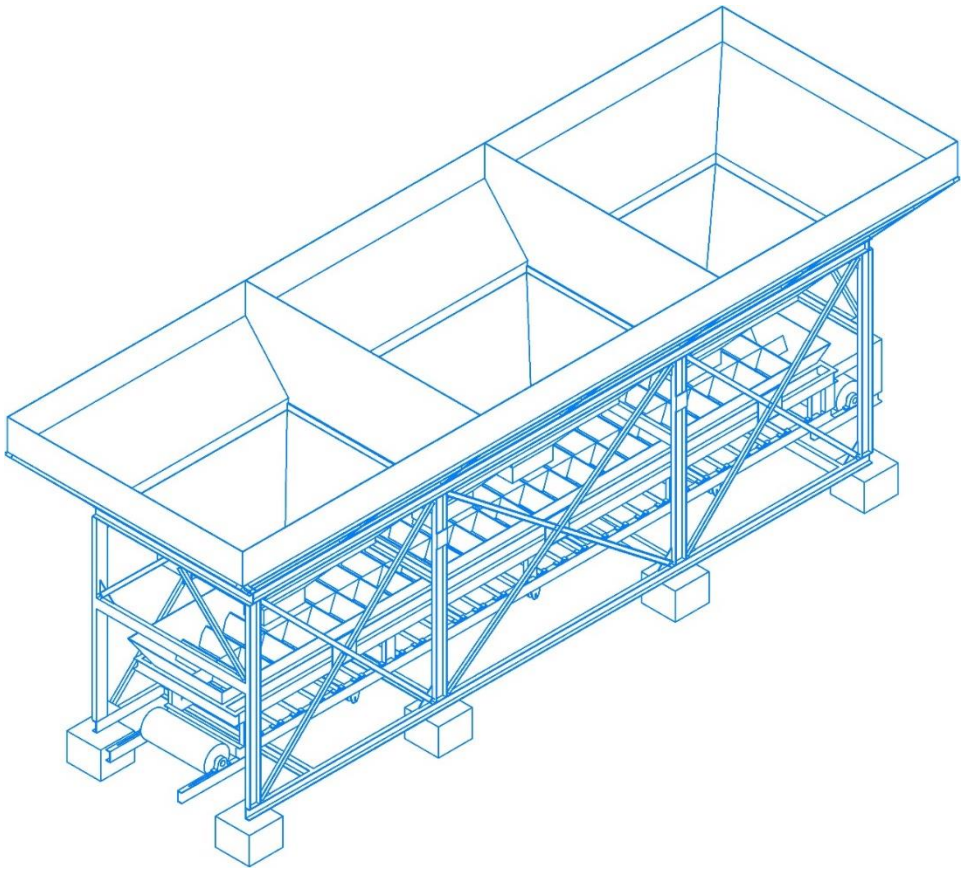


Рис. 1. Конструкція видаткових бункерів дозатора технологічного комплексу з виробництва бетону

Вдосконалена конструкція видаткових бункерів інертних матеріалів має наступні зміни:

- зменшена висота бетонного фундаменту, в результаті цього зменшуються витрати матеріалів на виготовлення бетонного фундаменту;
- збільшений об'єм бункерів, становить 15 м^3 за рахунок вибраної конструкції (початкова модель – 6 м^3 без бортів);
- конструкція дозволяє транспортувати дозатор у зібраному стані;
- зменшені напруження у місцях зварних з'єднань.

Зміна фундаментів призводить до зміни металоконструкції дозатора і збільшує її металомісткість на 19%.

Міцнісний аналіз (рис. 2) показав, що в модернізованій конструкції напруження в основних опорних вузлах зменшилися з 182,3 МПа до 44,22 МПа і розподіляються рівномірно по всій рамі. Максимум напружень припадає на пояс жорсткості, який не дає бортам прогинатися під вагою матеріалів.

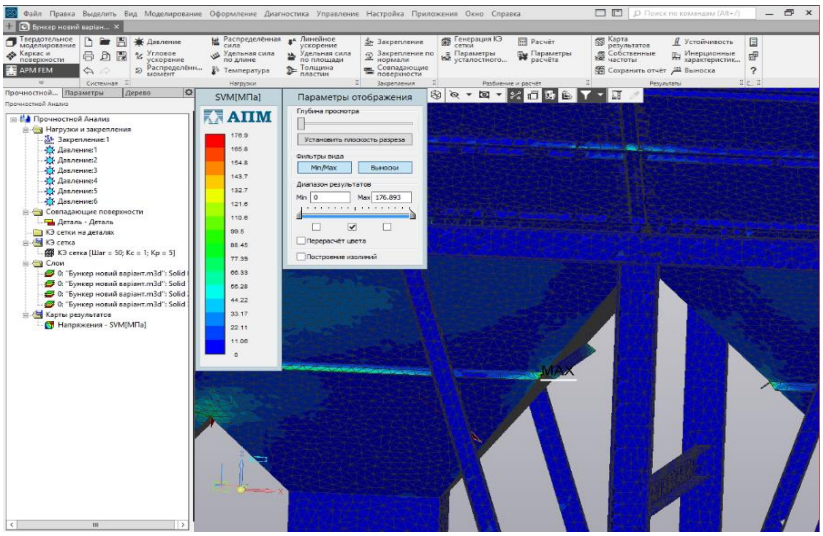


Рис. 2. Напруження, які діють у верхньому поясі рами

Переваги модернізованої конструкції (рис.3): збільшено місткість кожного з бункерів, конструкція дешевша за матеріальними затратами завдяки тому, що для неї не потрібно підготовлювати бетонні опори під час монтажних робіт. Також конструкція більш практична у виготовленні та її транспортуванні.

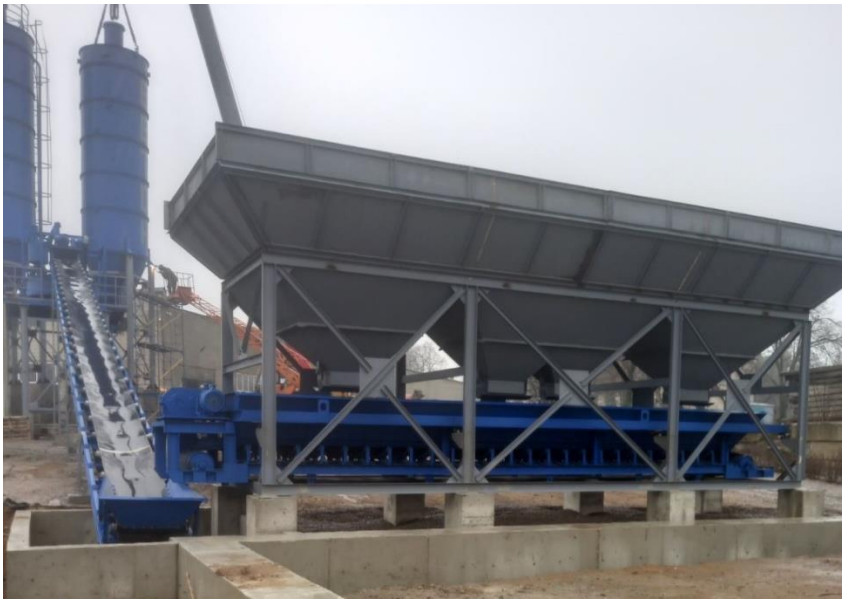


Рис. 3. Металоконструкція видаткових бункерів з рамою Х-подібної форми та дозатор стрічковий технологічного комплексу з виробництва бетону

1. Бункер для інертних матеріалів: веб-сайт.URL: .https://room-shop.com.ua/ua/p1086050428-doziruyuschie-kompleksy-bsu.html (дата звернення 22.09.2022).

2. АБЗУ-40 (СКІП/КОНВЕЄР): веб-сайт.URL: https://monolitgk.com/ua/plants/5-abzu-40-skipkonver (дата звернення 22.09.2022).

УДК 62-1/93

TECHNOLOGIES AND TECHNICAL TOOLS FOR COLLECTING TECHNICAL HEMP

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ

Налобіна Олена, Заборовська Софія

Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

На землі не існує видів дерев чи рослин з таким економічним та екологічним потенціалом як у коноплі. Коноплі є однією з найважливіших культур, які здатна рекультивувати забруднені й виведені з обороту землі шляхом винесення з ґрунту отруйних домішок. Із конопель можна виготовити до 50 тис. різноманітних виробів.

З найдавніших часів і по сьогодні з коноплі виготовляють такі вироби: прядильні волокна, канати, шпагат, рибальські сіті, спецодяг, брезент, парусину, мішковину, пожежні рукави, канати, шпагат, шнури, цінний папір. Із насіння отримують олію, з якої виробляють оліфу, рідке мило, замазку, лаки, фарби та ін. Рафінована конопляна олія використовується в харчовій промисловості. Насіннєва макуха завдяки великому вмісту поживних речовин є однією з найкращих добавок до корму для худоби. Текстильні вироби з них, виконані в стилі «еко-натурель», користуються в усьому світі широкою популярністю завдяки їх специфічному вигляду і комплексу позитивних властивостей. Вони мають особливі медико-біологічні і захисні властивості, чого бракує виробам із бавовни. Завдяки унікальному комплексу властивостей луб'яних волокон, таких як висока міцність, низький електричний опір, комфортність, природна бактерицидність та гігієнічність, у всьому світі зростає попит на текстильну (конопляну) продукцію не тільки технічного, але й побутового призначення [1]. Тканини з луб'яних волокон володіють унікальними властивостями. Зокрема, ці тканини є антистатичними, гігієнічними, поглинають до 30% поту і 95% ультрафіолетових променів. Вони забезпечують комфортну температуру і вологість підодягового простору за одночасного видалення поту з поверхні тіла. Із таких тканин одяг рекомендується щоденно носити людям, схильним до захворювань ревматизмом, алергією шкіри, хворобам хребта.

Організація процесів вирощування та збирання конопель обумовлюються призначенням одержуваної з них продукції. Переважно це агротехнічне призначення: насіння, волокно-пенька та брикети.

Підвищена увага до цієї культури в Україні зумовлена такими основними факторами:

- успішна селекція (отримано агротехнічні сорти конопель із вмістом психоактивних речовин не більше 0,1% (у медичних - від 0,5% і вище);
- на державному рівні узаконено дозвіл на обробіток агротехнічних сортів конопель, правила та схеми контролю чистоти посівів;
- зростаючий попит у Західній Європі на природну целюлозовмісну сировину, в ролі якої виступає однотипне волокно-пенька, а також на насіння конопель;
- застосування порівняно нескладних технологічних прийомів обробітку, збирання та вироблення однотипного волокна-пеньки як побічної продукції під час виробництва насіння конопель.

Збирання є головним етапом у процесі вирощування технічних конопель. Крім того, це сама трудовитратна операція у всій схемі вирощування культури. Технологія збирання технічної коноплі відрізняється від технологій збирання інших сільськогосподарських культур, т.я. потребує цілого комплексу спеціалізованої техніки та обладнання, що пояснюється волокнистою структурою стебел рослини. Вибір технології збирання та

комплексу машин і технічних засобів обумовлюється метою подальшого використання продукції.

Якщо метою збирання є насіння, успішно можна застосовувати продуктивні універсальні сільськогосподарські машини, які забезпечують збирання у стислі агростроки. З цією метою застосовують зернозбиральні комбайни, зокрема Case, John Deer, Massey Ferguson. Технологічний процес збирання насіння включає зрізання ріжучим апаратом жатки стебел на висоті 1,5 м.; обмолочування скошеної маси молотаркою. Отримане насіння проходить очищення та транспортується у бункер. Стеблову масу вкладають на землю. За умови застосування такої технології стеблова маса підлягає утилізації. Це є суттєвим недоліком, через те, що солому та стебла можна використати для енергетичних цілей, а саме для виготовлення брикетів, а також у якості наповнювачів під час виготовлення композитних будівельних матеріалів.

За умови збирання конопель на волокно широко застосовані збиральні машини практично не можуть бути застосовані через те, що міцні волокна конопель намотуються на робочі органи, що веде до зупинок, додаткових витрат праці й часу та виходу з ладу обертових механізмів машин.

Тому найбільш перспективною, на даний час, є весняна технологія збирання коноплі. Під час збирання насіння коноплі зернозбиральним комбайном стебла коноплі зрізуються на певній висоті, виділене насіння очищується і транспортується в бункер, а стеблова частина скидається на землю. На полі залишається зрізана частина стебел, збирання якої можна виконувати з використанням сільськогосподарських машин загального призначення. Згідно рекомендацій [2] вона залишається на полі до весни. За цей період відбувається підгнивання прикореневої частини рослин коноплі, що дає можливість збирати їх шляхом зламування. Крім того, під впливом кліматичних факторів відбувається відділення волокон.

Для реалізації даної технології використовують комплекс машин загального призначення: модернізований водоналивний каток для зламування стебел та проминання їх у валку, роторні граблі для зламування стебел і формування валків, рулонний прес-підбирач для формування рулонів. Як бачимо така технологія потребує значного набору технічних засобів, що веде до підвищення енергетичних і трудових витрат і зростання собівартості готової продукції. Крім того, на полі формуються валки з хаотично розташованими стеблами, що ускладнює процес їхнього підбору та подальшої переробки.

Нами була поставлена задача удосконалити спосіб збирання стебел конопель шляхом розробляння і застосування пристрою, що забезпечить зламування стебел, утворення рівномірного валка з паралельним розміщенням стебел у ньому, спростить формування рулонів з валка прес-підбирачем та покращить якість отриманої сировини.

Випробування запропонованої конструкції довели її роботоздатність. Застосування пристрою дозволило зменшити на 39% висоту та на 17,4% ширину валка стебел, що викладається на полі. Такі вирівняні валки добре підбираються прес-підбирачем, при цьому зменшуються забивання та втрати трести під час підбирання.

1. Коноплі : монографія / [Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гіляземдінов Р.Н. та ін.] ; за ред. М.Д.Мигаля, В.М.Кабанця. – Суми : Видавничий будинок "Еллада", 2011. – 384 с.

2. Гилязетдинов Р. Технологии для конопли [Электронный ресурс] / Р. Гилязетдинов, О.Примаков, И. Маринченко. – Режим доступа: http://tku.org.ua/news/2970

УДК 631.372 (091)

CENTENARY OF THE PRODUCTION OF THE FIRST UKRAINIAN TRACTOR

СТОРІЧНИЙ ЮВІЛЕЙ ВИПУСКУ ПЕРШОГО УКРАЇНСЬКОГО ТРАКТОРА

Нечидюк Анатолій, Холошенко Роман

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Здійснене переосмислення історії вітчизняного тракторобудування шляхом аналізу джерел, які відображають особливості вітчизняного та світового тракторобудування, з'ясовані внутрішні і зовнішні чинники становлення тракторобудування на території України у контексті світової історії та наукового прогресу; проаналізований досвід діяльності заводу, що займався випуском перших тракторів в Україні у складі СРСР та творців вітчизняного трактора.

Становлення тракторобудування у світі. Великобританія вважається першою країною, що започаткувала виробництво тракторів, де у 30–50 рр. XIX сторіччя з'явилися перші парові військові та сільськогосподарські машини. Одним із найстаріших парових тракторів у світі вважається колісний трактор «Aveling Porter», який створений у 1871 р., нині зберігається в Британському музеї науки і техніки. Згодом у Великобританії, Швеції створюються трактори, які працюють на гасових і бензинових двигунах.

До 1914 року створюються найбільш сприятливі економічні та політичні умови для розвитку США. На території країни упродовж Першої Світової війни відсутні бойові дії, руйнування і значні людські втрати. США отримує великі замовлення від багатьох країн, що увійшли в ту чи іншу політичну коаліцію, блок або союз, тому у перші десятиріччя XX сторіччя США стрімко прискорили темпи свого розвитку, збагатилися, оновили основні фонди, створили найпотужнішу в світі індустріальну базу з колосальними резервами розвитку та вдосконалення. Американські підприємці та державні діячі вміло використовували у власних та інтересах своєї країни будь-яку нову можливість, починаючи від фізичної експлуатації праці емігрантів до інтенсивного використання їх ідей, винаходів, відкриттів, наукового потенціалу. Більшість фірм прийняли, в основному, класичну компоновку трактора 4х2. Було встановлено, що переважна кількість малих і середніх сільськогосподарських ферм США та інших країн у той період мали потребу у тракторах невисокої потужності (14…25 і 25…44 к.с., тобто для роботи на оранці). Оптимальними були чотирьохколісні трактори з задніми ведучими колесами, більшого, ніж у направляючих коліс розміру. Для гусеничних тракторів найбільш прийнятною виявилася схема з двома однаковими ведучими гусеницями, розташованими по бокам трактора. Фірми, що виробляли трактори в даний період, вже поставили їх виробництво на конвеєр.

Започаткування виробництва тракторів на території України в Царській Росії. До Першої Світової війни ні в Царській Росії, ні в Україні, що входила до її складу, не було власного розвиненого тракторобудування.

І все ж таки на території Царської Росії були здійснені окремі спроби з виготовлення зразків конструкцій тракторів, які не переросли в їх серійне виробництво (конструкції Д. Закряжського, Ф. Блінова, Я. Маміна). Зокрема Я. Мамін займався вдосконаленням так званих «калоризаторних» двигунів, які працювали на важких фракціях перегонки нафти, а також на самій нафті, хоча з позицій сьогоднішнього дня використовувати сиру нафту як паливо – марнотратно. Росія експлуатувала Бакинські нафтові промисли, нафти були багато і вона була дешева.

У різних джерелах згадуються трактори, побудовані до 1914 р. на: - заводі Я.В. Маміна в м. Балакові Саратовської губернії, що з 1911 по 1914 р. випустив трохи більше 100 тракторів конструкції Я.В. Маміна; - заводі «Аксай» у м. Ростові-на-Дону; - Коломенському машинобудівному заводі Струве; - південних заводах товариства А.Я. Копп у м. Кінчас; - заводі А.А. Унгера в м. Кінчас; - заводі товариства Классен, Фрезе і Дік на станції Барвінкове Південних залізниць; - заводі Гельферіх Саде в місті Харкові.

Більшістю цих заводів були прийняті у виробництво відомі моделі тракторів іноземних марок. Деталі, окремі вузли, комплектуючі і навіть багато з матеріалів поступали з-за кордону.

З наведеного переліку заводів в Україні розташовувалося 4 виробництва з 7, тобто більше половини. Це пояснювалося тим, що в ініціаторів і власників заводів була впевненість у перспективності випуску тракторів для України – аграрної частини Росії, їхньої затребуваності й можливості випускати їх цілорічно протягом тривалого часу. Також на території теперішньої України була необхідна матеріальна база і великі багатопрофільні заводи, що мали досвід будівництва складних машин. На цих заводах працювали кваліфіковані робітники й інженери, існували випробувальні стенди й відпрацьовані системи організації виробництва. З'явилися перші шофери й автомеханіки, що вміли водити автомобілі й трактори.

Поява тракторів була об'єктивною необхідністю розвитку власного господарства Царської Росії і її регіонів, зокрема й України. І хоча, за деякими даними перед Першою Світовою війною механічні двигуни в сільському господарстві, включаючи трактори й локомобілі, по всій Росії складали близько 0,8%, але вони були зосереджені в декількох особливо великих господарствах, переважно на півдні України.

Спроби організувати та управляти системою сільськогосподарського машинобудування у Росії на початку XX сторіччя все ж були, але великою мірою завдяки роботі активістів і науковців, що мешкали саме на території теперішньої України. У 1899 році створена Єлисаветградська (нині м. Кропивницький) спілка сільського господарства, метою діяльності якої було ознайомити населення з науковими знання і сільськогосподарською технікою. Пізніше, у 1907 році члени спілки запросили до співпраці професора Камілла Гавриловича Шиндлера, завідувача єдиною на той час в Росії станцією випробування землеробних машин та приладів при Київському політехнічному інституті Імператора Олександра II.

Згодом 1913 року у с. Акимівка біля м. Мелітополя Бюром сільськогосподарської механіки Вченого комітету Міністерства землеробства Росії організована регіональна машинобудівних станціях, оснащена випробувальним обладнанням для випробування тракторів і моторних плугів. Ця станція успішно працювала і в СРСР.

Внаслідок буремних подій Першої світової війни, низки революцій і громадянської війни упродовж 1914-1921 х. рр. народне господарство України зазнало великих руйнувань. За період з літа 1914 р. упродовж семи років на її території проходили воєнні дії. Різко скоротилося поголів'я худоби, особливо зменшилась кількість коней. Була зруйнована практично вся інфраструктура переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, відібраний весь гужовий транспорт, знищені млини, розграбовані садиби, а поля стояли необробленими та незасіяними. Було знищено багато заводських корпусів, домен, залізничних мостів, елеваторів, складів. Чимало шахт були затоплені, розграбовані, залишені без машин і механізмів, а також завалені чи засипані. Третина залізничної мережі була виведена з ладу. Загинуло чимало високопрофесійних робітників, інженерів, частина з них емігрували. Безробіття й голод гнали робітників з міст у сільську місцевість, змушували починати роботу на землі, щоб господарювати задля виживання.

Завдання індустріалізації Росії, а разом з нею і України, після закінчення Першої світової та громадянської воєн постало з усією гостротою.

Після приходу більшовиків до влади земля була націоналізована й демонстративно передана селянам, однак обробляти її було так само вкрай складно: масово не вистачало коней,

биків; багато селян-солдатів загинули або стали непрацездатними інвалідами, не повернулися в село.

Випуск першого українського трактора «Запорожець». Сільське господарство країни гостро потребувало простих, дешевих і довговічних тракторів, які працювали на нафті, а не на бензині, оскільки сира нафта була на той час відчутно дешевшою. Саме таким трактором став «Запорожець», створений не за державною програмою, а з ініціативи знизу, що відповідало сучасним потребам механізації сільськогосподарських операцій у дрібних селянських господарствах, товариствах по обробітку землі, комунах тощо. Перший дослідний зразок цієї машини був сконструйований та зібраний в 1921 році під керівництвом інженерів Леонарда Абрамовича Унгера, Абрахама Петровича Унгера та Якоба Гергардовича Ремпеля на невеликих державних заводах сільськогосподарського машинобудування № 11 і № 14 (до націоналізації – «Південний завод спілки Я. Копп» та Завод Унгера) в містечку Кічкас, недалеко від сучасного м. Запоріжжя.

Їх колишні власники усіма силами не лише підтримувала заводи «на плаву», але й організовувала випуск нової, революційної та життєво необхідної продукції. Однак, не допомогли Унгерам ні лояльне ставлення до влади, ні прагнення вирішувати важливі для молодої країни завдання, ні демонстрація спроможності як талановитих інженерів-конструкторів, підприємців, і того ж 1921 року вони були віднесені до списку кулаків. Подальша доля більшості нащадків підприємницьких династій склалася типово для тих часів – репресії та повне фізичне знищення.

Леонард (Леонгард) Унгер з надіями сприйняв революцію 1917 року. Із власника сімейного заводу він став його провідним спеціалістом, перебрався з сім'єю в гуртожиток для робітників. Організував школу інженерів і працював на Дніпробуді. Леонард завершив родинний проєкт. Перші експерименти зі складання трактора і автомобіля проводились на підприємствах Унгерів ще до революції. Але про це в радянських джерелах – ні слова. Мовчать там і про подальшу долю талановитого інженера.

За версією Народного комісаріату внутрішніх справ, «контрреволюціонер» і «шпигун Німеччини» Л. Унгер саботував побудову ДніпроГЕСу, а потім планував підірвати його. «Докази» будувались на навчанні за кордоном і… його поезією про минулу красу Дніпра, його не затоплених порогів. Леонард був засуджений та висланий в один із трудових таборів Сибіру, на будівництво залізниці. Перед дружиною Леонарда Маргарет, шкільною вчителькою, закрились двері всіх запорізьких шкіл. Родина, позбавлена житла і громадянських прав, вижили завдяки підтримці небайдужих рідних і друзів. Справжнім дивом став дозвіл на зустріч. Щасливий Леонард зустрічав дружину та доньку в Макдагачі і провів з ними один місяць, на більше залишатись вони не мали права.

Останній лист від Л. Унгера прийшов у 1937 році. Леонард повідомляв родину, що його переводять в інший табір. Зв'язок обірвався. Згодом була Друга світова війна і родина емігрувала з СРСР. Знову дивом, уникнувши «репатріації», донька Луїза виїхала в Канаду. Згодом вона намагалась з'ясувати долю батька через Червоний Хрест. Все, що їй вдалося дізнатись, це те, що Леонард Унгер помер десь у Сибіру в 1941 році. Але всієї страшної правди вона так і не дізналась. Про те, що у 1937 році вирок про п'ять років «таборів» був переглянутий далекосхідною «трійкой» на розстріл. Спадкоємиці династії Унгерів доньки Луїзи не стало в 2014 році. Після еміграції їй тільки один раз удалося попасти в СРСР, в 70-ті роки.

Стосовно ж технічних характеристик самого «Запорожця», то важливим чинником його створення стало те, що на заводах Унгера в Царській Росії (як і на заводах Товариства братів Бромлей, Лепп і Вальман і заводі Г. Шредера) виготовлялися нафтові двигуни, які в перспективі можна було використовувати як тракторні. Накопичений досвід двигунобудування та використання цих агрегатів у сільськогосподарській техніці, а також орієнтація підприємств на потреби місцевого ринку, дозволив досить швидко створити потрібну модель. Трактор був спроєктований на базі дванадцяти сильного двохтактного

одноциліндрового нафтового двигуна внутрішнього згорання «Тріумф», що випускався на Великотокмакському державному заводі № 8 (з часом – Дизельний завод), розташованому в 90 км від м. Кічкас. Обраний двигун був відносно тихохідним, що, з одного боку, було недоліком, позаяк підвищувало металоємність. А з іншого, – давало вагомі переваги: зниження загальної кількості всіх зубчастих передач від двигуна до ведучого колеса; забезпечення меншої, ніж у високооборотистих двигунів, інерційної сили, а, отже, зменшення зношування і підвищення довговічності пари «поршень-циліндр»; створення на майбутнє резерву підвищення потужності за рахунок підвищення оборотистості двигуна. Трактор був побудований за триколісною схемою з одним заднім широким металічним ведучим колесом. Нескладний та зручний в експлуатації двигун, що запускався за допомогою запальної кулі, що нагрівалася зовнішнім джерелом, проста конструкція тракторного шасі та надійне в роботі рульове управління двома направляючими колесами, з'єднаними рульовою трапецією, дозволяли легко навчати майбутніх механізаторів-трактористів управлінню та технічному обслуговуванню машини. Дослідний взірець трактора був випробуваний і продемонстрував достойні результати. Спеціальна комісія Української Ради Народного господарства спільно з працівниками заводу-виробника випробувала «Запорожець» вже влітку 1922 року. Витрата чорної нафти на оранці десятини (1,0925 га) на глибину до 4 вершків (граничної в ті роки) (приблизно 18 см) на робочій швидкості до 3,5 версти/год. (приблизно 3,75 км/год.) була близько 2 пудів (приблизно 32 кг), що в той час вважалось гарним показником. За день «Запорожець» міг зорати на різних ґрунтах від 1,5 до 3 десятин, тобто міг замінити від 8…10 кінних плугів. Весною 1923 року на тих же невеликих виробництвах у Кічкасі почали збирати першу установчу партію з 10 тракторів. Фактично всі матеріали для виготовлення тракторів були власного виробництва. Правда, отримати їх в потрібній кількості, якості та в строк було досить складно. Заводу не вистачало оборотних коштів, нестабільно працювали металурги, не було достатньої кількості заготівельних цехів, особливо ливарного виробництва. Були труднощі і в отриманні палива, електроенергії, інструменту, нових станків, а також натуральних продуктів, що тоді видавалися як частина зарплати. Тим не менше, заплановані 10 машин були випущені. Водночас стало зрозумілим, що виробництво потрібно переносити на площі більш масштабного виробництва.

З 1923 року на заводі «Красный Прогресс» у місті Великий Токмак Запорізької області Української РСР випускався трактор «Запорожець» (див. рис. 1). Цікаво, що свій шлях до заводу, майже в 90 верст (приблизно 96 км) від Кічкаса «Запорожець» пройшов своїм ходом без щонайменших поломок. Для селян під час цього переходу демонструвалася кілька разів оранка землі.

Усього таких тракторів було випущено близько 800 штук. У 1925-1926 році було виготовлено 282 трактори «Запорожець», а в 1926-1927 – 180 штук (при річному плані 300). Через те, що трактор продавали по ціні 1800 рублів, завод мав значні збитки, оскільки собівартість трактора при малих обсягах виробництва, застарілому обладнанні та інших негативних чинниках була суттєво вищою і складала на кожен операційний рік в середньому: за 1925-1926 рр. – 2967,57 руб, за 1926-1927 рр. – 3107,17 руб, тобто собівартість не лише не зменшувалася, а, навіть, зростала (приблизно на 4,7%). В Українську РСР в 1925-1926 році було відвантажено 42,3% всієї продукції, а в 1926-1927 рр. – 54,0%. Другим регіоном за обсягами поставок у 1925-1926 рр. була Сибір (15,4%), а в 1926-1927 рр. – Центральний землеробський регіон (6,1%). Крім того, продукція поставлялась у Московський промисловий район, у Волзько-Камський, Уральську область, Башкирську АРСР, Поволжя, Північний Кавказ, Кримську АРСР, Казанську АРСР, Середню Азію, Закавказзя, та близько 2,0…2,8% – в інші регіони. Зазвичай трактори в господарства віддавалися взагалі безкоштовно, або оплачувалися централізовано через банківські надходження на рахунок заводу. Як видно з наведених даних, соціалістичний розподіл праці з плановим розподілом виробленої продукції призвели до збитковості вже націоналізованих на той час заводів, які виробляли

«Запорожець», що і стало основною причиною припинення випуску цих тракторів. Непродумана фінансова політика підірвала інтерес заводчан до випуску тракторів.

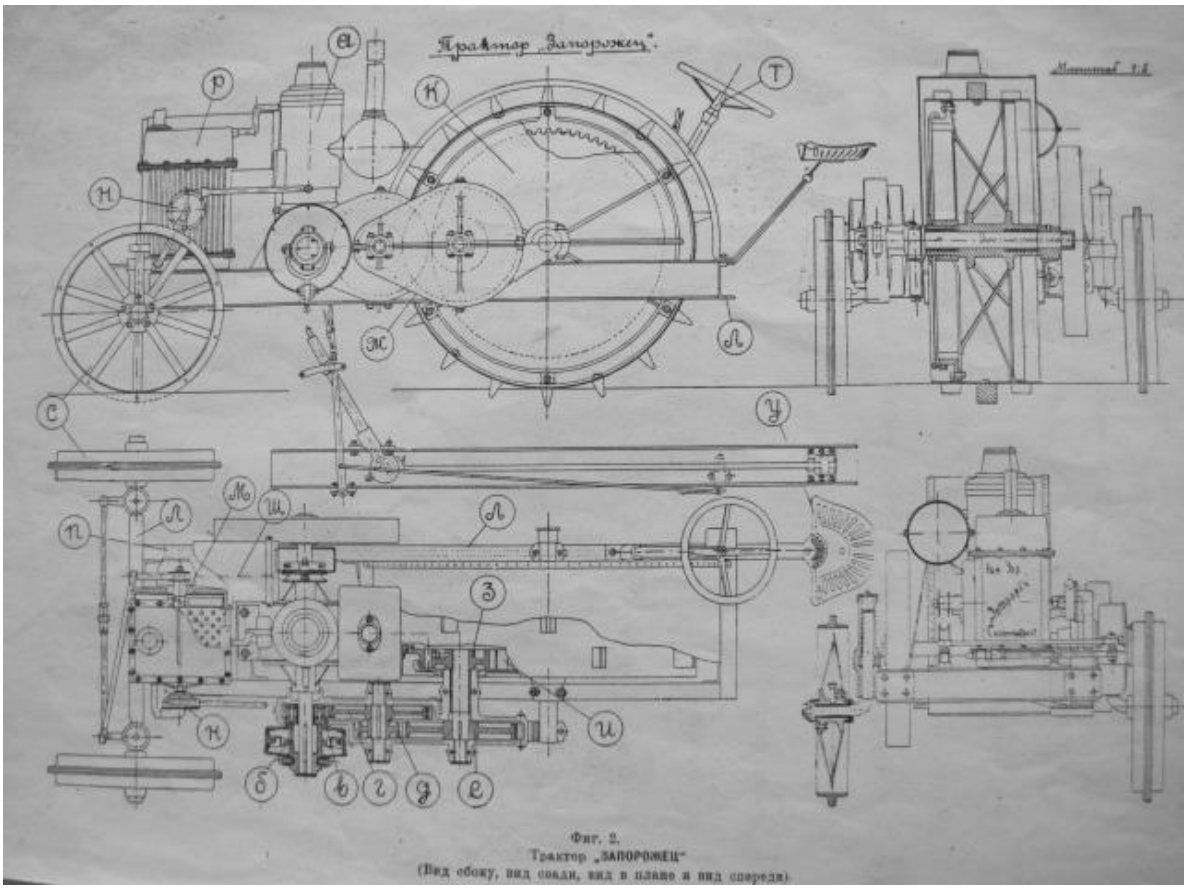


Рис. 1. Конструктивна схема трактора «Запорожець»

Восени 1923 року трактор «Запорожець», що був побудований у Кічкасі, успішно представили на першій Всеперсидській сільськогосподарській виставці в Тегерані. Там демонстрували роботу трактора у полі, що викликало значний інтерес у місцевих селян. Вітчизняна промисловість отримала замовлення, а це було важливим як з економічної, так і з політичної точки зору.

Однак, не дивлячись на відносно короткий період виробництва трактора «Запорожець», він став яскравою сторінкою в історії вітчизняного тракторобудування.

Трактори «Запорожець» ще довго служили їх власникам. Наприклад, в Чернігівському історичному музеї імені В.В. Тарнавського є трактор «Запорожець» № 107 на якому тракторист М.І. Роскот з Чернігівської області пропрацював з 1924 по 1958 рік.

Висновки. Трактор «Запорожець» був одним із перших та самих простих і оригінальних за конструкцією вітчизняних сільськогосподарських тракторів. Відсутність необхідної державної підтримки у вигляді кредитів на переоснащення застарілого обладнання заводу-виробника, не сформовані замовлення з гарантованою оплатою, збитковість виробництва призвели до припинення виробництва даного трактора у 1927 році.

Спроби Всеукраїнської Ради народного господарства та Держплану зробити ставку на стабілізацію та розвиток випуску такого, що добре зарекомендував себе в експлуатації трактора «Запорожець», не знайшли розуміння та підтримки в центральних радянських органах.

У СРСР створювалися відповідні умови для вивчення іноземного досвіду тракторобудування, особливо американського (аж до методів промислового шпигунства).

Уряд закуповував трактори для їхніх випробувань у всесоюзному масштабі, прагнучи зіставити продукцію різних фірм. Результатом цієї діяльності згодом стала організація виробництва іноземних моделей тракторів на радянських заводах без придбання ліцензій, закупівлі технологій.

1. Кривоконь О. Г. Тракторобудування в Україні: передумови, історія та тенденції розвитку в аспекті світового прогресу (20-ті – 80-ті рр. XX сторіччя): монографія. Харків : видавництво ПП «Технологічний Центр», 2015, 672 с.

2. Лупаренко Г. В. Становлення тракторобудування в Україні : Держ. Політех. музей при НТУ «КПІ»; Центр пам'яткознавства НАН України і УТОПІК. Ніжин : ПП Лисенко М.М., 2015, 176 с.

3. Харук А. І. Зроблено в Україні. Харків : Фоліо, 2019, 266 с.

УДК 621.87

CONTROL SYSTEM OF THE CRANE ROTATION MECHANISM

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ПОВОРОТУ КРАНА

Паламарчук Дмитро, Санкін Ілля

Київський національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037

Загальновідомо, що затримка суден в портах є небажаним явищем, оскільки це призводить до значних фінансових затрат, як для перевізника, так і для замовника вантажу. Тому, зменшення тривалості завантаження та вивантаження суховантажів є актуальною задачею. Особливо гостро це питання постає при вивантаженні сипучих вантажів у портах призначення. Це пов'язано з тим, що паралельно з розвантаженням судна відбувається навантаження цих вантажів у залізничні вагони чи автомобілі-самоскиди [1].

Найчастіше використовують дві схеми вивантаження сипких вантажів із суден та завантаження у вагони:

– судно, грейфер крана, тимчасовий перевантажувальний бурт, грейфер крана, вагон (або ж кузов автомобіля-самоскида);
– судно, грейфер крана, вагон (або ж кузов автомобіля-самоскида).

Кожна з описаних систем має свої недоліки та переваги. І в обох випадках виникає потреба у суміщенні кількох рухів портального крана одночасно. Найчастіше суміщення застосовується при роботі механізмів зміни вильоту стрілової системи та повороту крана.

Горизонтальне переміщення вантажу за допомогою механізму зміни вильоту є окремим робочим рухом кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою (ШЗСС) [2]. Цей робочий рух може виконуватись самостійно або шляхом суміщення з іншими робочими рухами, в залежності від технологічних потреб під час роботи крана.

Важливими проблемами при використанні кранів під час перевантажувальних робіт є скорочення тривалості робочого циклу перевантаження, а також збільшення міжремонтного циклу металоконструкції стрілової системи та крана в цілому. Поставлені питання можна вирішити шляхом мінімізації розгойдувань вантажу на гнучкому канатному підвісі. Найбільші розгойдування вантажу на гнучкому підвісі спостерігаються під час роботи електродвигуна механізму повороту крана на перехідних режимах роботи [1, 2].

Розгойдування вантажу на канатному підвісі призводить до збільшення динамічних навантажень на ланки ШЗСС, привід механізму зміни вильоту, і на конструкцію крана взагалі [2, 3]. Крім того, розгойдування вантажу є однією з причин суттєвого зниження показників ефективності крана таких як: продуктивність, економічність, надійність, маневреність тощо.

В зв'язку з цим, виникає потреба оптимізації режиму руху стрілової системи при суміщеній роботі механізму повороту та механізму зміни вильоту. При оптимізації одночасної роботи двох механізмів, рух механізму зміни вильоту розглядається в усталеному режимі, а механізму повороту – в перехідному режимі руху [4]. Для проведення дослідження запропоновано динамічну модель стрілової системи із зубчастим секторним приводом механізму зміни вильоту вантажу та планетарним приводом механізму повороту. (рис. 1).

В поданій динамічній моделі, стрілова система крана представлена у вигляді механічної системи з трьома ступенями вільності. За узагальнені координати прийнято кутову координату стріли в площині зміни вильоту α та кутові координати повороту стріли φ та вантажу ψ в горизонтальній площині. Оскільки, прийнято, що при повороті стріли вона рухається з постійною швидкістю $\dot{\alpha} = \omega_0 = const$, то система з трьома ступенями вільності перетворюється на систему з двома ступенями вільності, в якій узагальненими координатами будуть

координати φ та ψ. При цьому кутова координата стріли α змінюється за лінійним законом $\alpha = \alpha_0 + \omega_0 t$, де t – час, α_0 – початкове положення стріли, а ω_0 – кутова швидкість її повороту в площині зміни вильоту.

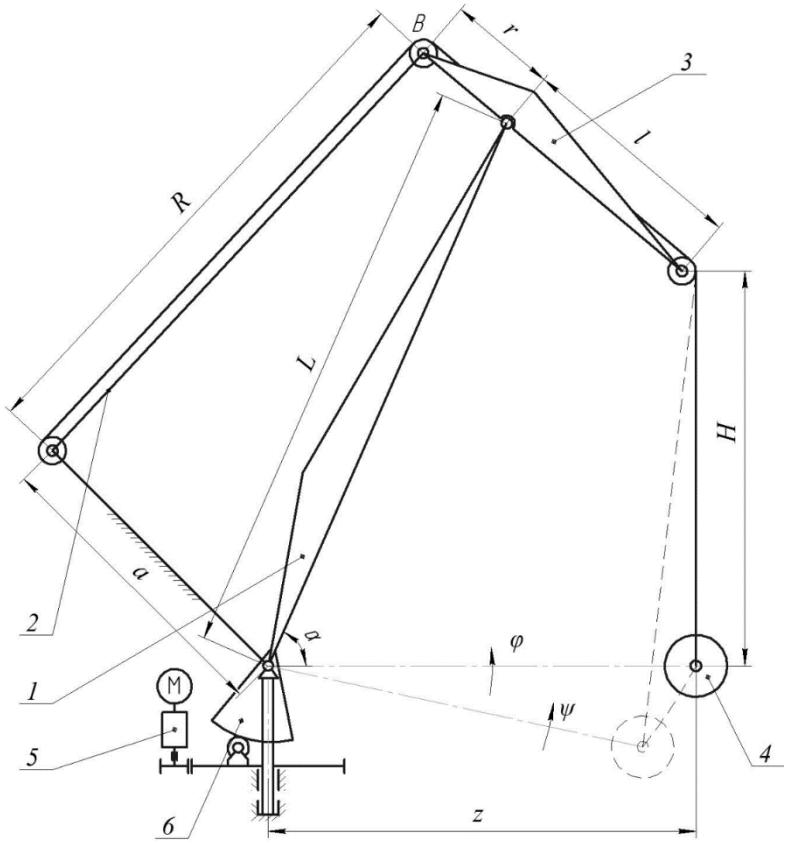


Рис. 1. Кінематична схема стрілової системи: 1. стріла; 2. жорстка відтяжка; 3. хобот; 4. вантаж; 5. механізм повороту; 6. секторний механізм зміни вильоту

Для такої динамічної моделі руху шарнірно-зчленованої стрілової системи складемо диференціальні рівняння руху шляхом використання рівнянь Лагранжа другого роду:

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \dfrac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi - \dfrac{\partial \Pi}{\partial \varphi}; \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} - \dfrac{\partial T}{\partial \psi} = -\dfrac{\partial \Pi}{\partial \psi}, \end{cases} \tag{1}$$

де T, Π – відповідно кінетична та потенціальна енергія системи;

Q_φ – узагальнена складова непотенціальних сил, зведених до координати φ.

В системі рівнянь (1) кінетична енергія стрілової системи крана визначається як сума кінетичних енергій всіх ланок при сумісному русі механізмів зміни вильоту та повороту крана.

Потенціальна енергія стрілової системи з урахуванням її повного врівноваження визначається потенціальною енергією вантажу

$$\Pi = mgy = mgH\left(1 - cos\frac{z(\varphi - \psi)}{H}\right), \tag{2}$$

де g – прискорення вільного падіння;

H – Висота підвісу вантажу відносно нижнього шарніру стріли;

y – вертикальна координата центру мас вантажу.

Непотенціальна складова узагальненої сили механізму повороту визначається наступною залежністю

$$Q_{\varphi} = M = M_P u \eta, \tag{3}$$

де M – зведений до осі повороту крана рушійний момент механізму повороту ;

M_P - рушійний момент на валу електродвигуна механізму повороту крана;

u – передаточне число приводу механізму повороту;

η – ККД приводу механізму повороту.

За критерій режиму руху механізму повороту при сумісному усталеному русі з механізмом зміни вильоту оберемо середньоквадратичне значення рушійного моменту приводу, зведеного до осі повороту крана

$$M_{CK} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} M^2 dt \right]^{1/2} \to min, \tag{4}$$

де t – час; t_1 – тривалість процесу пуску.

Використовуючи систему рівнянь (1), знайдено вираз координати основного руху механізму повороту φ через функцію ψ та її похідні за часом

$$\varphi = \psi + \frac{H}{g}\left(\ddot{\psi} + 2\frac{\dot{z}}{z}\dot{\psi} \right). \tag{5}$$

При оптимізації режиму руху механізму повороту під час усталеного режиму зміни вильоту стрілової системи сформульовано оптимізаційну задачу [5], яка включає критерій (4) у вигляді інтегрального функціоналу.

В результаті проведеної оптимізації суміщеного руху двох механізмів, отримано графіки зміни кутових координат повороту стріли φ, вантажу ψ в горизонтальній площині та їх різницевого відхилення φ- ψ (рис. 2).

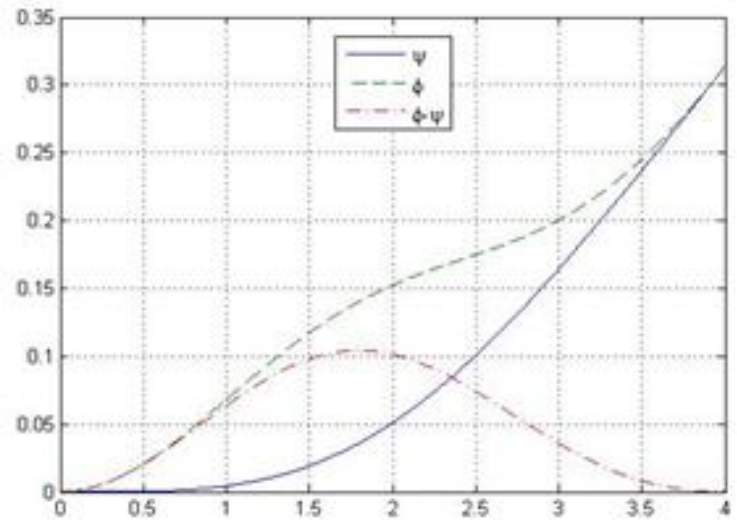


Рис. 2. Графік зміни координат

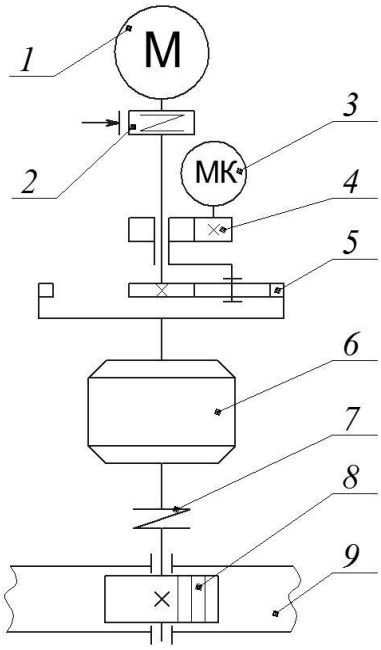


Рис. 3 Механізм повороту крана з електромеханічною системою керування

Аналізуючи отримані графіки видно, що кутові координати мають плавний характер зміни. Але, при цьому, існує відхилення координат стрілової системи та вантажу, яке до завершення процесу пуску усувається, і при виході електродвигуна на усталений режим руху координати повністю співпадають.

Для реалізації встановлених законів руху стрілової системи пропонується електромеханічна система керування механізмом повороту крана (рис. 3). Запропонована конструкція складається з: основного електродвигуна приводу *1*, муфти з електромеханічним гальмом *2*, керуючого крокового електродвигуна *3*, циліндричної зубчастої передачі *4*, диференціального редуктора *5*, понижувального планетарного редуктора *6*, муфти *7*, та приводної шестерні *8* із зубчастим вінцем механізму повороту *9*.

При вмиканні механізму повороту ротор привідного кранового електродвигуна *1* постійно обертається з номінальною частотою обертання. Це дозволяє забезпечити оптимальний режим роботи електродвигуна з постійним коефіцієнтом корисної дії [2, 3]. Для керування механізмом повороту крана у відповідності до встановлених законів руху (рис. 2) використовується кроковий електродвигун 3, що керує кутовою швидкістю водила, а відповідно і сателітів диференціального редуктора *5*. Оскільки, диференціальний редуктор має два ступені вільності, то обертання водила зі змінною кутовою швидкістю забезпечує зміну кутової швидкості коронної шестерні, а відповідно і ведучого валу планетарного редуктора *6*. Використання крокового двигуна у такій системі керування має наступні переваги: можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напряму руху; залежність обертів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном без зворотного зв'язку; можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням; широкий діапазон швидкостей обертання отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів.

1. Паламарчук Д. А., Кім А.О., Сисолятіна Л.Д. Використання кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою у перевантажувальних комплексах 14-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові : матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРІ ЛТД, 2019. С. 114–115.

2. Ловейкін В. С., Паламарчук Д. А. Оптимізація режимів руху шарнірно-зчленованої стрілової системи крана. Монографія. Київ. ЦП „КОМПРИНТ", 2015. 224 с.

3. Паламарчук Д. А. Кроковий двигун у системі керування механізмом зміни вильоту. Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» 9-11 листопада 2020 р. – Рівне : НУВГП, 2020. С. 20-21.

4. Loveikin V. S., Palamarchuk D. A., Romasevych Yu. O., Loveykin A. V. Optimization of rotate mode at constant change of departure in the level-luffing crane with geared sector. Опір матеріалів і теорія споруд. – К.: КНУБА, 2021. – Вип. 106. – С. 221-235. https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.221-235. Web of science.

5. Keqin LI, Cuxiang Jiang Inverse design of a new double-link luffing mechanism and realization on MATLAB. Proceedings of the 3rd ICMEM International conference on mechanical engineering and mechanics. October 21−23, 2009. Beijing, P. R. China. pp. 301-304.

УДК 62-5/007

THE PROBLEM OF OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION FOR PERFORMING THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN AGRICULTURE

ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Пуць Віталій, Мартинюк Віктор

Луцький національний технічний університет,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018

У сільськогосподарському виробництві на сучасному етапі спостерігається обмеженість доступності палива, що потребує постійного зростання інвестицій на їхнє придбання. Крім того, спостерігається необґрунтоване використання енергоємних енергетичних засобів, що веде до зростання витрати енергії на отримання одиниці продукції.

З урахуванням зазначеного можна стверджувати, що сільське господарство перетворилося на енергоємну галузь виробництва. На даний час спостерігається універсальність енергетичної оцінки технологій, яка полягає в тому, що для будь-якої діяльності враховують витрати енергії з єдиною фізичною суттю. Як би не змінювались ціни, які б темпи інфляції не спостерігались, енергетичний критерій залишається незмінним і не зазнає впливу суб'єктивних факторів.

Використання енергетичних показників спричинене рядом особливостей споживання енергетичних ресурсів. По перше, для функціонування сільськогосподарського виробництва необхідна участь механічних та біологічних засобів і предметів праці, що свідчить про наявність особливої біоенергетичної виробничої системи, спрямованої на досягнення певних результатів.

Цю систему можна розглядати, з одного боку, як споживача енергії (у вигляді прямих та непрямих витрат енергії), з іншого боку – як виробника нових енергоносіїв у вигляді продуктів, придатних для використання в якості палива, добрив і т.п.

Тому проблема економії енергії в умовах недостатності та помітного подорожчання основних видів енергоресурсів має вирішуватися з врахуванням максимального використання можливостей сільського господарства у частковому самозабезпеченні енергією. У зв'язку з цим обмеженість енергетичних ресурсів стає одним із факторів, що визначають темпи економічного зростання в галузі АПК.

Пропонуємо вирішити задачу оптимізації енергетичних витрат на виконання технологічних процесів у сільському господарстві з використанням методу узагальненого інгредієнту [1].

$$\begin{cases} f(x) \to min, x \in Q, \\ Q: a(x) = 0, \\ \beta(x) \le 0, x^n \le x \le x^m \end{cases} \tag{1}$$

Цільова функція $f(x)$ та її перша та друга похідні за всіма змінними неперервні. Функції градієнту вектора-стовпця та перші похідні цільової функції можна подати у вигляді:

$$\nabla f(x) = \begin{cases} \frac{df}{dx_1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{df}{dx_i} \end{cases} \tag{2}$$

Градієнт скалярної функції спрямовано вбік збільшення функції, а протилежний вектор – в бік зменшення (спуску).

Для технологічного процесу за умови зменшення витрат енергії проводимо розрахунок за наступними критеріями оптимальності [2].

Витрати енергії

$$E_j^{\text{пмм}} = \frac{\sum \Pi_j^u t_j X_j}{V_f} \to min, \quad (3)$$

Π_j^u - необхідна кількість паливно-мастильних матеріалів для виконання j-ї технології;
t_j- тривалість j-го періоду роботи досліджуваного агрегату (енергетичної машини);
X_j- кількість енергетичних машин j-го типу, які задіяні на виконанні досліджуваної технології;
V_f- площа, зайнята f - ю культурою.

Витрати енергії визначаємо за умови накладання наступних обмежень:

$$\sum_j \Pi_j^n X_j^n t_j = a_j^n \quad (4)$$

$$X_j^n \geq 0 \quad (5)$$

У залежностях (4), (5) маємо:
Π_j^n – продуктивність j-го агрегату під час виконання роботи, яка підлягає дослідженню і належить n-му технологічному комплексу;
X_j^n – кількість енергетичних машин j-го типу;
a_j^n – об'єм робіт, який виконано j-м агрегатом, що належить n-му технологічному комплексу.

Залежність (4) являє собою умову виконання робіт у строки, встановлені агротехнологією.

Розрахунок складу машино-тракторного парку, який здатен забезпечити виконання робіт у встановлені строки з мінімальними енерговитратами проводять у наступній послідовності:

1) визначаємо об'єм робіт, які потрібно виконати;
2) обраховуємо енерговитрати для декількох альтернативних агрегатів із метою вибору j-го агрегату з мінімальними енерговитратами;
3) формуємо оптимальний склад машинно-тракторного парку та визначаємо потрібну кількість енергетичних машин X_j;
4) визначаємо об'єм робіт для кожної з обраних енергетичних машин та розробляємо графіки їхнього завантаження.

Наведена постановка питання потребує попереднього виконання прогнозування обсягів робіт в умовах невизначеності, яка обумовлена, в першу чергу, природно-кліматичними факторами. Вплив таких факторів є випадковим і для врахування їхнього впливу потрібно сформувати базу даних і провести їхню статистичну оцінку з отриманням переліку статистичних показників, які дозволять сформувати методику статистичної оптимізації переліку технічних засобів із найменшими енерговитратами для проведення потрібного набору механізованих робіт.

1. *Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. - Черкаси: Брама-Україна, 2005. - 608 с.*

2. Еникеев В.Г. Оценка качества технической оснащенности сельскохозяйственного производства как вероятностной системы./Повышение эффективности технологических процессов и совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. -Л., 1982. - с. 54-61.

УДК 621.43.056

RESEARCH OF THE KINEMATICS OF THE ROCKER-SLIDER MECHANISM OF PISTON INTERNAL COMBUSTION ENGINES

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ КОРОМИСЛО-ПОВЗУНКОВОГО МЕХАНІЗМУ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Пшеничний Андрій, Рижий Олександр, Серілко Леонід

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.

Зниження втрат на тертя в механізмах поршневих двигунів внутрішнього згоряння є одним з шляхів підвищення ККД таких машин в цілому. Величина цих втрат може досягати 30% індикаторної потужності, причому найбільше втрат на тертя відбувається в кривошипно-шатунному механізмі. Тому багато двигунобудівних фірм проводять дослідження нових нетрадиційних конструкцій, в яких намагаються знизити втрати на тертя в парі «циліндр-поршень» .

Одним з таких прикладів є механізм в якому циліндр з поршнем можуть здійснювати коливний рух навколо нерухомої осі. Крім складності, також недоліком такої конструкції є збільшення сили тиску на поршень, а отже і сили тертя між ними, в крайніх положеннях циліндра. Це обумовлене збільшенням моменту сил інерції, оскільки пара «циліндр-поршень» мають значний момент інерції відносно осі коливання .

Використання безшатунного кривошипно-кулісного механізму виключає повністю тертя в парі «циліндр-поршень» і значно зменшує навантаження та тертя в кінематичних парах механізму на одиницю корисної потужності.

Разом з тим значне тертя буде між повзуном і напрямною в кулісному механізмі, оскільки сили тертя між ними прямо пропорційні силі тиску газу на поршень двигуна. Крім того наявність колінчастого валу унеможливлює використання підшипників кочення, тертя в яких набагато менше ніж в підшипниках ковзання.

Для зменшення механічних втрат при перетворення поступального руху в обертальний, авторами запропоновано конструкція коромислово-повзунного механізму поршневої машини, схема якої наведена на рис 1.

Поставлена задача досягається тим, що у ДВЗ який містить циліндр, поршень, шатун і кривошип, циліндр нерухомий, а кривошип виконаний у вигляді коромисла, яке коливається навколо нерухомої осі, а шатун відносно коромисла здійснює обертальний рух, який передається вихідний вал ДВЗ за допомогою ланцюгової передачі.

Оскільки в запропонованій конструкції циліндр нерухомий, а коливальний рух здійснює коромисло, момент інерції якого набагато менший від моменту інерції циліндра з поршнем, то момент сил інерції в крайніх положеннях коромисла буде набагато менший, що зменшує величину тиску поршня на циліндр, а отже і сил тертя, в результаті чого знижуються механічні втрати в ДВЗ та підвищується потужність.

Крім того запропонована конструкція дозволяє використовувати замість підшипників ковзання підшипники кочення.

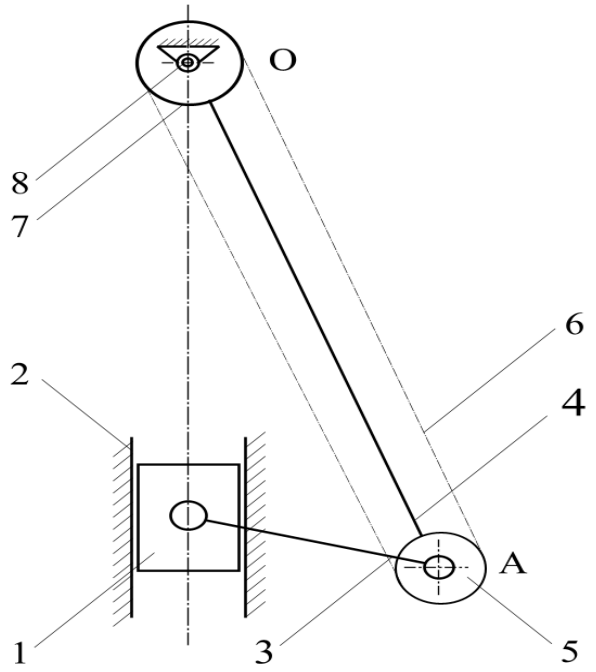


Рис. 1. Схема коромислово-повзунного механізму:
1 – поршень; 2 – циліндр; 3 – шатун; 4 – коромисло; 5 – ведуча зірочка; 6 – ланцюгова

ДВЗ працює наступним чином. Під дією сили тиску газів в камері згоряння поршень 1 рухається в циліндрі 2 і передає зусилля через шатун 3 на коромисло 4, і оскільки довжина коромисла 4 більша за довжину шатуна 3, то він буде здійснювати обертальний рух відносно коромисла 4, який передається за допомогою ланцюгової передачі на вихідний вал двигуна.

Розрахунок кінематики механізмів ДВЗ зводиться до визначення переміщення, швидкості та прискорення поршня в залежності від часу. При цьому вважається, що колінчастий вал обертається з постійною кутовою швидкістю, що дає можливість розглядати залежність всіх кінематичних характеристик від кута повороту кривошипа (рис 2-4).

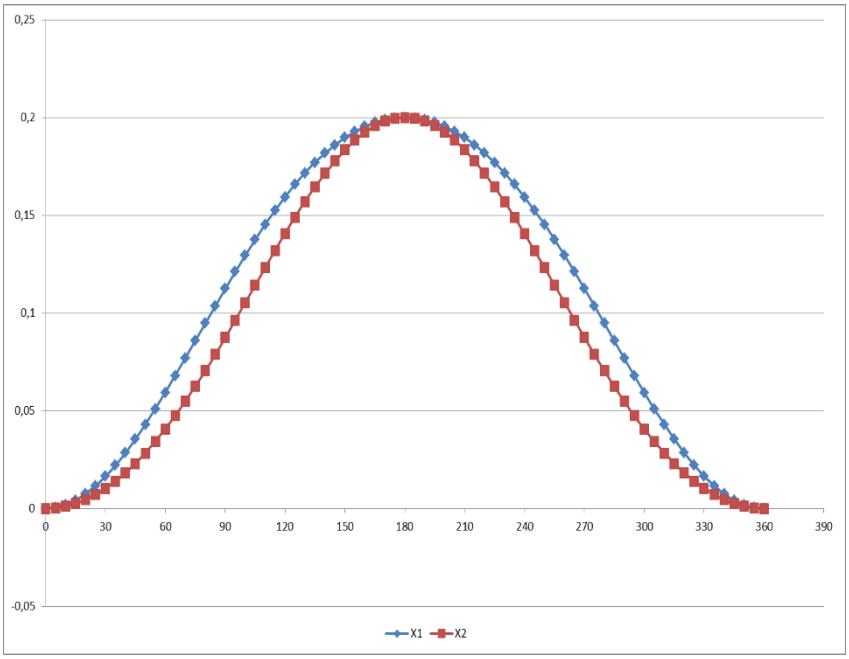


Рис. 2 Залежності переміщення повзуна від кута повороту вихідного валу
(X1 – класичний кривошипно-шатунний механізм, X2 – кривошипно-коромисловий механізм)

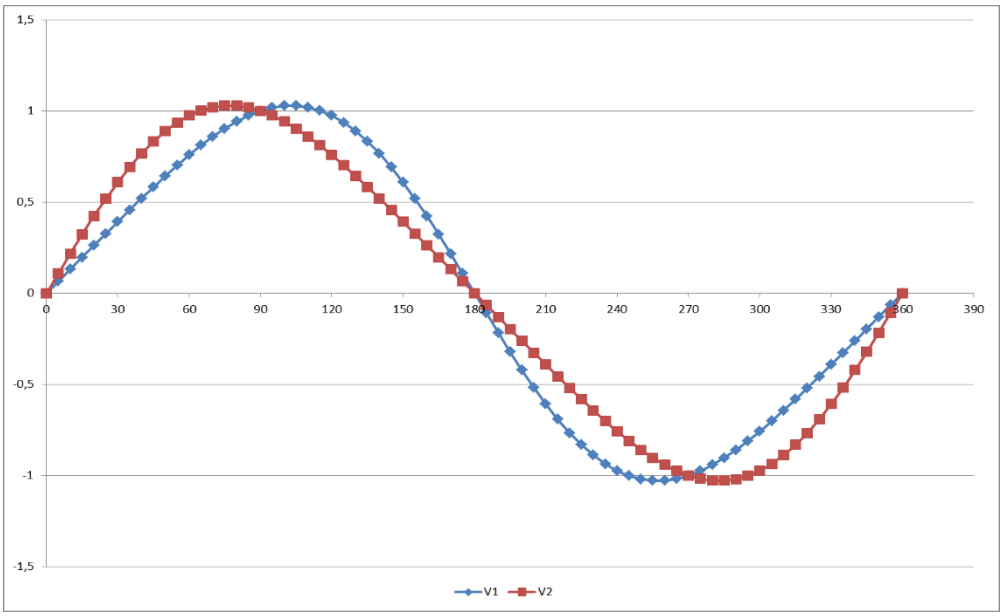


Рис.3 залежність швидкості повзуна від кута повороту вихідного валу
(V_1 – класичний кривошипно-шатунний механізм, V_2 – кривошипно-коромисловий механізм)

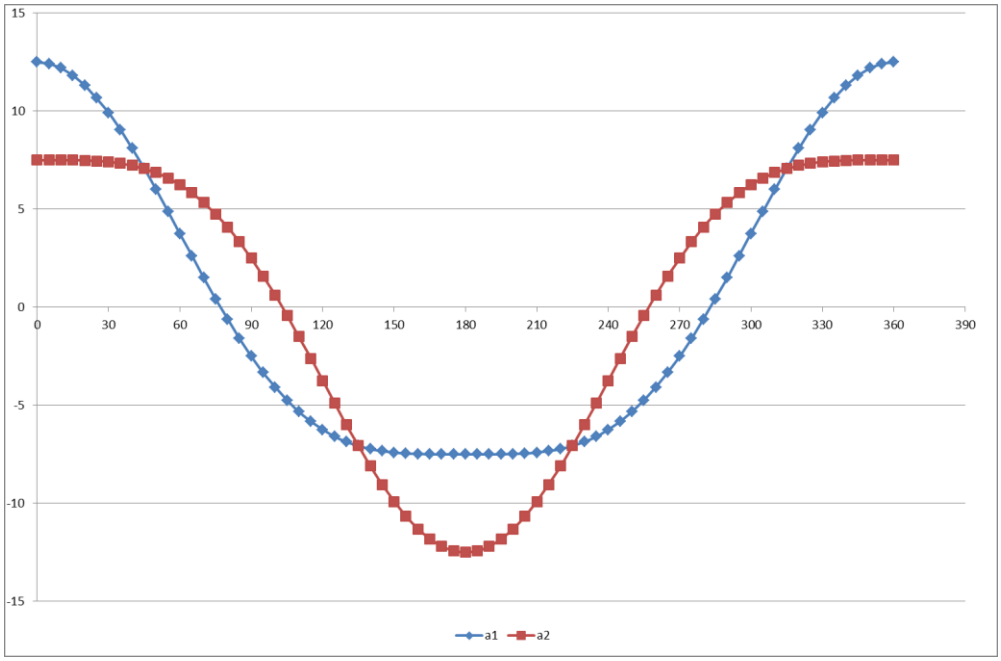


Рис. 4 залежність прискорення повзуна від кута повороту вихідного валу
(a1 – класичний кривошипно-шатунний механізм, a2 – кривошипно-коромисловий механізм)

1. *Міщенко Н.І Нетрадиційні малорозмірні* двигунів внутрішнього згоряння*: в 2 т. Т. 1. Теорія, розробка і випробування нетрадиційних двигунів внутрішнього згоряння . Донецьк Лебедь 1992р. 228с*

2. *М.І. Міщенко, д-р техн. наук, В.Г. Заренбін, д-р техн. наук, Т.М. Колеснікова, інж., Ю.В. Юрченко, інж., В.Л.Супрун, інж., О.Г. Підлісний, інж. Двигун зі змінним ходом поршня і регульованим ступенем стиску. Параметри робочого циклу, розрахунок, аналіз. 2012р.*

УДК 631.312.021.3

USE OF WEAR-RESISTANT HEAT-TREATED STEELS IN REPLACEMENT OF METAL-CERAMIC HARD ALLOYS

ЗАСТОСУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ТЕРМООБРОБЛЕНИХ СТАЛЕЙ У ЗАМІНУ МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

Рибалко Іван, Доценко Олександр

Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

Сталь 110Г13Л широко використовується в промисловості в якості зносостійкої. Її переваги перед іншими матеріалами проявляються при більших динамічних або статичних навантаженнях. При абразивному впливі середовища й невеликих навантаженнях застосування 110Г13Л не виправдане, що робить необхідним розробку й впровадження у виробництво більш ефективних для даних умов експлуатації матеріалів [1].

Такими є, зокрема, сталі, що мають більш низький вміст марганцю, чим сталь Гадфільда. В основу їх розробки покладений принцип одержання метастабільного аустеніту, що перетерплює при нагружении деформаційне мартенситне перетворення, запропонований І.Н. Богачевим і розвитий у роботах його учнів і послідовників.

У публікаціях про результати досліджень таких сталей в основному розглядається вплив хімічного складу на структуру, фазові перетворення й властивості. При цьому мало вивчена їхня зміна під впливом термічної обробки.

Представником служила сталь 130Г7ТЛ промислової виплавки наступного хімічного складу (масові частки елементів): 1,39% З; 6,59% Mn; 0,32% Si; 0,19% Ti; 0,42% Cr; 0,06% S; 0,05% P. У порівнянні зі сталлю 110Г13Л.

У більшості випадків при визначенні інтенсивності впливу абразивних часток використовується в основному якісна оцінка (слабкий, середній, сильний вплив). Петровим І.В. у роботі був запропонований коефіцієнт динамічності $К_д$, що кількісно характеризує різні умови впливу абразивних часток. Він визначається, як відношення твердості робочої поверхні зразка зі сталі 110Г13Л після зношування в конкретних умовах до його вихідної твердості.

Установлене, що найбільше інтенсивно аустеніт загартованої від 950°С сталі 130Г7ТЛ розпадається з утвором феритокарбідной суміші типу троостита при 550°С, 1год, у результаті чого твердість суттєво зростає з HRC 20-22 до HRC 50-52.

Це обумовлене більш повним розчиненням карбідів в аустеніті й збільшенням його кількості після загартування. Підвищена твердість стали спостерігається після загартування від 750-850°С, що обумовлене збереженням значної кількості карбідів в аустеніті і його малою стабільністю стосовно утвору мартенситу деформації. Майже повне їхнє розчинення відбувається при нагріванні на 950°С, у зв'язку із чим після загартування із цієї температури суттєво зростає стабільність аустеніту і твердість має найбільш низькі значення. вуглецем і марганцем, наслідком чого є підвищення абразивної зносостійкості досліджуваної сталі.

Дослідженнями встановлений вплив загартування стали 130Г7ТЛ, що має трооститну структуру, з різних температур (750-950°С) на абразивну зносостійкість. Установлене, що найбільш висока абразивна зносостійкість забезпечується загартуванням від 750°С, коли метастабільний аустеніт, армований карбідами, під впливом абразивного впливу перетворюється в мартенсит деформації. Це обумовлене зменшенням частки карбідів у структурі й підвищенням стабільності аустеніту стосовно деформаційного мартенситного перетворення, що протікає при навантаженні.

Встановлено що, найбільш висока абразивна зносостійкість досягається загартуванням

сталі 130Г7ТЛ від 750-800°С, коли забезпечується структура армованого карбідами метастабільного аустеніту, що інтенсивно перетворюється в мартенсит деформації. Змінюючи режим термообробки, можна управляти структурою й інтенсивністю деформаційного мартенситного перетворення й підвищувати абразивну зносостійкість.

а) *б)*

Рис. 1. Мікроструктура сталі 130Г7ТЛ, ×200: а – після відпуску при 550°С, 5 хв; б – після відпуску при 550°С, 60 хв

Для підвищення довговічності деталей, що працюють в умовах, при $К_д$=1,1, слід застосовувати сталі 120Г5ТЛ, 130Г7ТЛ і загартування проводити від температур – 850-950 °С. Це забезпечує одержання армованого карбідами аустеніту, що інтенсивно перетворюється в процесі експлуатації в мартенсит деформації, зі збереженням запасу пластичності й ударної в'язкості деталей, що не досягається після загартування від 750 °С. Для сталей з більш високим змістом марганцю (~10 %) із цією же метою рекомендована дестабілізація аустеніту за рахунок зневуглецювання поверхні при нагріванні під загартування, проведення після загартування старіння або вповільненого (у порівнянні з водою) охолодження деталей з температури аустенитизації, що викликають виділення карбідів і збідніння аустеніту вуглецем і легуючими елементами. В умовах зношування, при $К_д$=2,5, слід застосовувати сталі, що містять 9- 11 % Mn, загартування здійснювати від температур не нижче 1050°С, а в ряді випадків додатково підвищувати стабільність аустеніту низькотемпературним старінням, що виключають виділення карбідів. Слід звести до мінімуму зневуглецювання поверхні, у результаті якого в поверхневому шарі знижується зміст вуглецю й марганцю.

На підставі проведених досліджень встановлено, що недоліками сталей зі зниженим змістом марганцю є більш низькі пластичність і ударна в'язкість. Підвищити ці характеристики дозволяє подрібнювання зерна. Застосовуючи різні режими комбінованих обробок, можна одержати дрібнозернисту структуру в аустенітних марганцевистих сталях, що сприяє значному підвищенню їх ударно-абразивної зносостійкості й механічних характеристик. Термооброблену сталь 130Г7ТЛ рекомендовано використовувати для деталей працюючих в умови ударно-абразивного зношування.

Враховуючи низьку вартість сталі 130Г7ТЛ по відношенню із твердосплавними пластинами типу ВК8 її можна рекомендувати для зміцнення носка леміша методом припаювання пластин на лицьову сторону.

1. Доценко О.В., Гобиш В.С., Рибалко І.М. Технологія зміцнення лемішів плугів припаюванням зносостійких пластин ацетилено-кисневим полум'ям. Сервісна інженерія та нові матеріали в машинобудуванні: матеріали першої Всеукраїнської інтернет-конференції, 10-11 лютого 2022р. Харків: Державний біотехнологічний університет, 2022, С. 24-25.

УДК 621.793.8

RESEARCH OF THE RESTORATION OF SLOTTED SURFACES BY CARBO-CHROMING

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВИХ ПОВЕРХОНЬ КАРБОХРОМУВАННЯМ

Рибалко Іван, Міранович Едуард

Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

Найбільш важливою особливістю лазерної технології є її здатність створювати дуже високу щільність світлової потужності – порядку 109 Вт/см^3 і вище, а також регулювати розмір і положення світлового променя на виробі за допомогою дзеркал і фокусуючих лінз. Крім того зміцнення цим методом по даним в 48 разів більше економить витрати електроенергії, чим при використанні традиційних методів обробки [1].

Діаметр фокусуючого променя може коливатися від 0,01 до 10 мм, і переміщається по запрограмованих траєкторіях будь-якої складності. Крім того, промінь не ослабляється повітрям і може передаватися на великі відстані. Для обробки циліндрових поверхонь використовували схему, приведену на рис. 1. Обертання і переміщення деталей під час обробки здійснювали на спеціальному обертачі з автоматизованим управлінням.

Обробку циліндрової поверхні більшої протяжності, чим діаметр пучка, здійснювали скануванням поверхні по спіралі. Крім зміцнення технологія дозволила наносити покриття на оброблювані ділянки за один прохід до 1 мм. Для вибору найбільш ефективного способу нанесення покриттів використовували два методи. За допомогою першого при нанесенні покриттів на невелику по величині зношену поверхню наносили порошок необхідного складу у вигляді шлікерного покриття відповідної товщини. Як основу використовували клейовий склад (водний розчин осиетилцеллюлози (ОЕЦ) або карбоксиметилцелюлози (КМЦ) з розрахунку 8,0-20,0 частин/л при температурі 75ºС) Цей метод також використовували і для модифікації робочої поверхні яка частково втратила свої властивості при експлуатації деталі.

У другому випадку порошки для нанесення покриттів подавали за допомогою дозатора. При цьому у ряді випадків витрата їх зростає в 5-6 разів і погіршуються фізико-механічні властивості покриття. Цей метод доцільно використовувати і при нанесенні покриттів >1,0мм коли потрібно перед модифікуванням поверхні наносити компенсаційний шар.

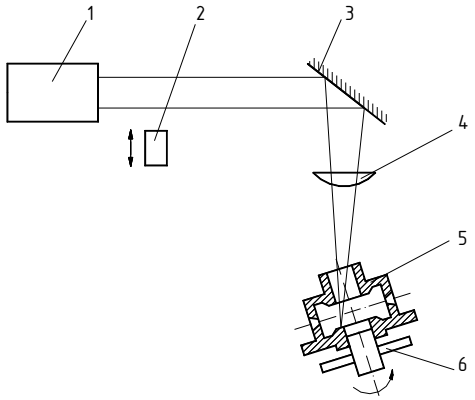


Рис. 1. Схема лазерної установки для зміцнення циліндрових поверхонь: 1 – лазер, 2 – вимірник потужності, 3 – дзеркала, 4 – фокусуюча лінза, 5 – деталь, 6 – пристосування (обертач)

У даній роботі детальніше була вивчена можливість використання щодо дешевого матеріалу FeCr (FeCr – 40, стандарт ИСО 5448-81) у поєднанні з графітом. Застосування

шлікерного покриття на основі FeCr – 40 і графіту (співвідношення Cr Fe : C = 3 : 2 : 1) забезпечувало необхідний рівень твердості (58 – 65HRC) використання більшої частки вуглецю було не задовільним із-за його вигорання.

При наплавленні порошковими матеріалами необхідно враховувати гранулометричний склад. Оптимальною визначена наступна суміш: 10% частинок розміром 10 – 100 мкм, 90% – частинок розміром 100 – 315 мкм. У зв'язку з тим, що шлікерне покриття наносили тільки на робочу поверхню, витрата порошку в цьому випадку зводилася до мінімуму. Якість наплавленого шару визначається також швидкістю переміщення лазерного променя, його діаметром і велечини перекриття. При обробці по оптимальних параметрах твердість шару досягала 60 – 63 HRC, а міцність зчеплення з основним металом S 250 Мпа. При виборі наплавлювального матеріалу враховували умови експлуатації деталей, вимоги, що пред'являються до них, за якістю і властивостям, що досягаються.

Лазерне технологічне устаткування ефективне для нанесення покриттів площею 50–100мм^3 з товщиною шару 0,8–1,2 мм, а також термозміцнення відповідальних ділянок плоских, циліндрових і складних поверхонь з радіусом кривизни не більше 25 мм. Важливий вибір оптимальної траєкторії променя з урахуванням форми, розмірів і замкнутості оброблюваної поверхні деталі. Це впливає на продуктивність процесу.

Обробку лазерним променем використовували як при відновленні деталей, так і для модифікування робочого шару деталей, що працюють в умовах зносу і дії корозійного середовища. Це дозволяє замінювати деталі із спеціальних легованих сталей на дешевші - вуглецеві. При обробці вал піддавали знежиренню для очищення зміцнюваної поверхні від масла, грязі, частинок металу і ін., його мили розчином кальцинованої соди (10-15 ч/л) при температурі 800С протягом 10-15 хв. Потім обполіскували гарячою водою. Після нанесення порошкового матеріалу і його повного висихання покриття поволі оплавляли, обертаючи із швидкістю 1,0 - 10,0 об/хв на кВт потужності випромінювання. Пучок подавали в зону обробки, на край зміцнюваної ділянки. Таким чином формували першу доріжку. Далі включали переміщення оптичної системи, пучок зміщували упоперек оброблюваної поверхні з швидкістю, залежною від потужності випромінювання, ширини пучка і швидкості обробки.

При виході пучка на протилежний край зміцнюваної ділянки подачу вимикали і формували завершальну доріжку. Після обробки деталь піддавали шліфовці, поліровці промивці і контролю якості.

Оскільки блискуча поверхня деталей відображає до 90% лазерного випромінювання, перед зміцненням на неї наносили спеціальні покриття, що збільшують поглинаючу здатність (робиться це пензликом або зануренням в рідкий розчин). Кращими є покриття, що містять оксиди алюмінію і цинку. Покриття повинні володіти підвищеною жаростійкістю і теплопровідністю [78].Обробці піддали відповідальну деталь – шліцьовий первинний вал КПП трактора Т-150. Вал виготовляють із сталі 25 ХГТ

Твердість шліців первинного валу є ресурсним параметром і складає, згідно ТУ 53 HRC. Рівень необхідної твердості цієї деталі в умовах експлуатації обгрунтовує і вибір способу нанесення покриттів, подальшого зміцнення для забезпечення заданого ресурсу.

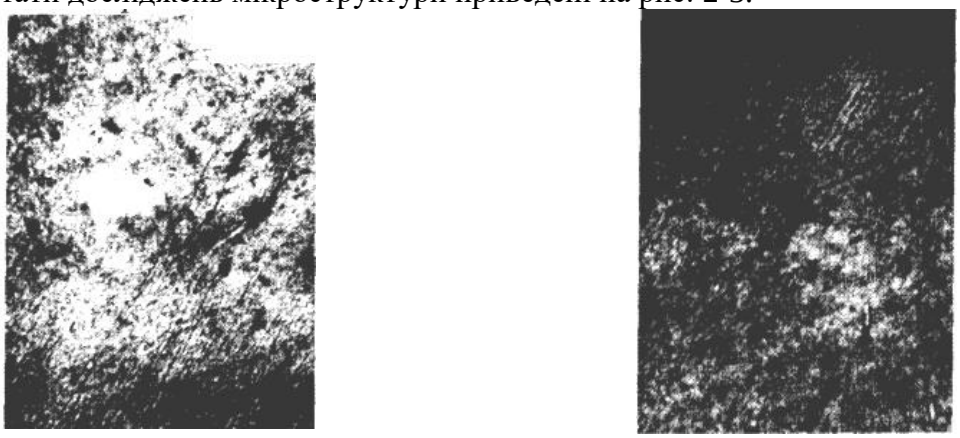
В результаті аналізу шліцьових валів після експлуатації було виявлено наступне: загартовані шліци піддавалися відпустці, оскільки при експлуатації мало місце їх розігрівання і відпустка. Для визначення оптимальних параметрів обробки і розробки технологічного процесу провели експерименти, приведені в табл. 3.1. Початкова твердість шліців після їх експлуатації була рівною 50 HRC, що не відповідало вимогам ТУ, які по нормативних вимогах повинні бути не менше 56 HRC. Для нанесення покриттів на зношену поверхню кожен шліц обробляли лазерним променем з різною потужністю і кількістю проходів, що відрізняється. У випадку тільки втрати твердості проводили окремо модифікування робочої поверхні нанесенням на неї графіту і FeCr, тобто планували отримати поверхневе карбохромування. В результаті проведеного експерименту було встановлено, що використання тільки термозміцнення давало незначний ефект, а в деяких випадках і негативний - додатково

знизилася твердість (метал після попереднього гарту ще інтенсивніше відпускався), в той же час карбохромування з насиченням поверхні вуглецем і хромом показав істотне підвищення твердості.

Велику ефективність має не само термозміцнення|, а хіміко-термічна обробка низьковуглецевої сталі 25 ХГТ. На основі проведеного експерименту була отримана залежність твердості від способів обробки.

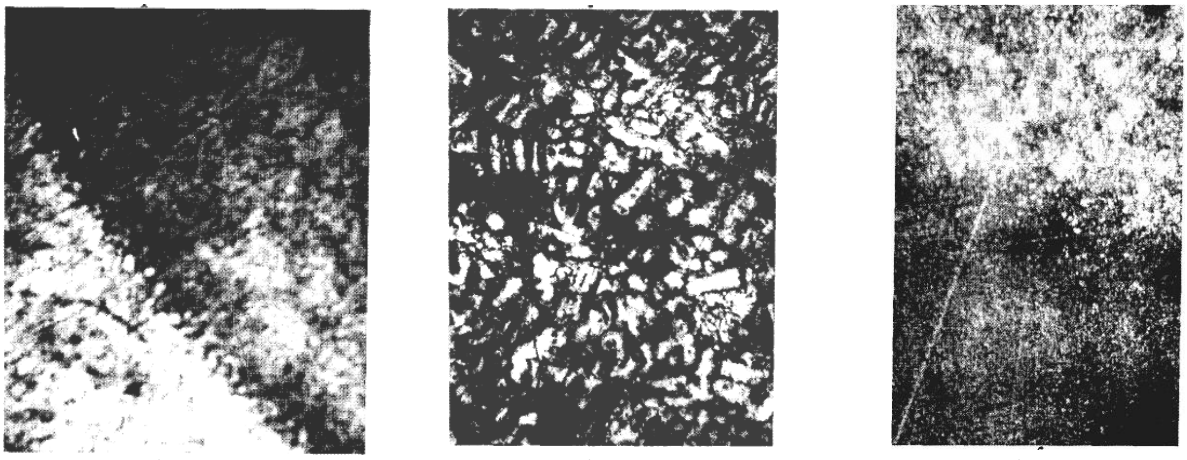
Мінімальну мікротвердість мають шліци без модифікування поверхні, а максимальну при нанесенні на їх поверхню FeCr + C. При цьому вона більш ніж в 2,5 раз вище і глибина зміцнення досягає 1,05 мм, що на 10–40% більш ніж при інших варіантах обробки. Застосування режиму оплавлення з нанесенням графіту сприяє підвищенню поверхневої твердості на глибину до 1,15 мм, проте при цьому формується розвинений рельєф, що вимагає зняття більшого шару при остаточному формуванні шліца.

Результати досліджень мікроструктури приведені на рис. 2-3.



І ділянка *ІІ ділянка*

Рис 2. Мікроструктура поверхні шліца обробленого лазерним променем, х100. На поверхню шліца нанесений чистий графіт. Потужність світивши 1кВт. Рівень твердості 51HRC (середнє значення)



І ділянка *ІІ ділянка* *ІІІ ділянка*

Рис. 3. Мікроструктура поверхні шліца: прохід лазерним променем двічі. Карбохромування. Потужність обробки 1,2 кВт. Рівень твердості 65HRC

В результаті проведених експериментів і узагальнень визначені основні параметри лазерної зміцнюючої обробки і показано, що модифікування робочої поверхні методом, що рекомендується, може істотно підвищити твердість робочої поверхні деталей навіть з низковуглецевої сталі типу 25 ХГТ.

1. Сідашенко О.І, Науменко О.А., Скобло Т.С., Тіхонов О.В. та інш.; за ред.. Сідашенка О.І, за ред. Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання: підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Агроосвіта, 2014, 665 с.

УДК 628.862.3

RESEARCH OF NEW DESIGNS OF INERTIAL CONVEYORS FOR TRANSPORTING BULK MATERIALS

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІНЕРЦІЙНИХ КОНВЕЄРІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Серілко Леонід, Сасюк Зоя, Серілко Дмитро

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Інерційні конвеєри широко використовуються в різних галузях промисловості: в харчовій, переробній, металургійній та інших. Вони, як машини, що відносяться до динамічних коливальних систем, характеризуються високою стабільністю, оскільки амплітуда коливань жолоба в процесі роботи конвеєра є постійною.

Основним недоліком інерційних конвеєрів є наявність зворотнього ходу вантажу, що призводить до зменшення продуктивності цього транспортуючого засобу, а, отже, і до збільшення споживаної потужності.

Для подолання цього недоліку запропоновано та досліджено нову конструкцію інерційного конвеєра, який забезпечує зменшення сили тертя між матеріалом, що транспортується і жолобом конвеєра в період, коли його швидкість відносно вантажу буде направлена в протилежний бік.

Схему досліджуваного інерційного конвеєра зображено на рисунку 1.

Інерційний конвеєр складається із жолоба 1, який за допомогою роликів 2 встановлений на рамі 3 з можливістю здійснювати крутильні коливання відносно осі симетрії жолоба за допомого привода 4. Рама 3 встановлена на котках 5 з можливістю рухатися вздовж осі жолоба конвеєра по нерухомій основі 6, за допомогою привода зворотньо-поступального руху 7.

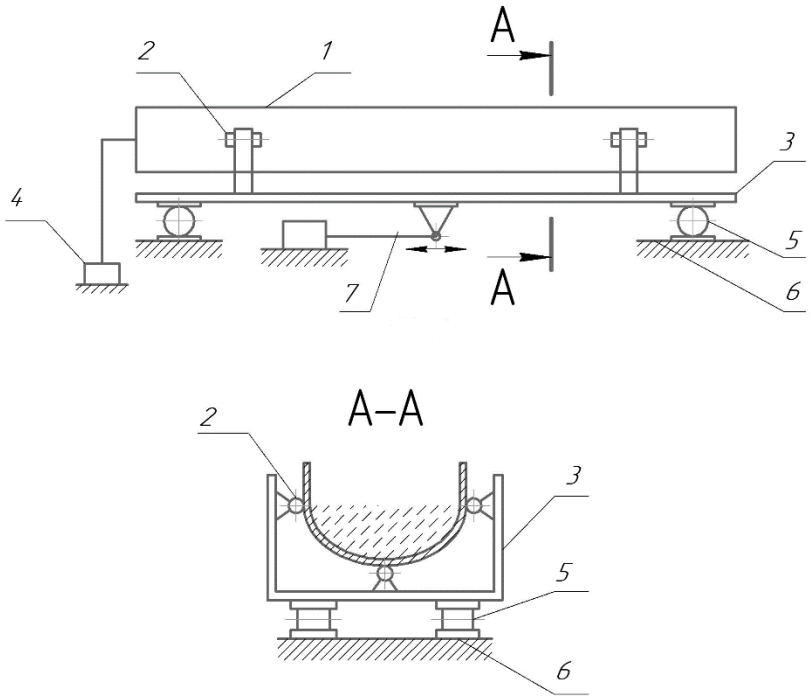


Рис. 1. Схема інерційного конвеєра

Інерційний конвеєр працює наступним чином. При русі жолоба 1 вперед за рахунок привода 7, вантаж, який знаходиться на жолобі починає рухатися разом із жолобом. Як видно з графіка (рис. 2), кутова швидкість крутильних коливань жолоба 1 за рахунок привода 4 в цей час буде мінімальною і сила тертя в повздовжньому напрямку буде мати максимальне значення, що забезпечує рух матеріалу разом із жолобом. При русі жолоба 1 в зворотньому напрямку (рис. 3), кутова швидкість поперечних коливань жолоба 1 буде максимальною, а, отже, і сила тертя в повздовжньому напрямку матиме мінімальне значення, що дозволяє забезпечити рух матеріалу по інерції вздовж поверхні жолоба.

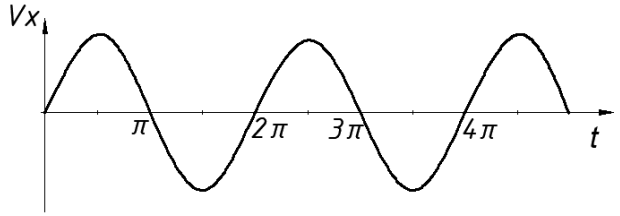


Рис. 2. Динаміка кутової швидкості крутильних коливань жолоба при русі у напрямку вперед

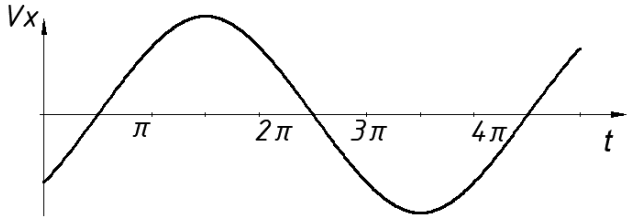


Рис. 3. Динаміка кутової швидкості крутильних коливань жолоба при русі у зворотньому напрямку

Запропонована конструкція інерційного конвеєра є простішою і дозволяє зменшити динамічні навантаження на елементи інерційного конвеєра. В результаті зменшиться його вартість та покращаться енергетичні показники процесу транспортування матеріалів цим конвеєром.

1. Патент України № 111201, B65G 25/02, 2016, Бюл. № 21.
2. Патент України № 151674, B65G 25/02, 2022, Бюл. № 34.

УДК 631.171

TECHNOLOGY OF STRENGTHENING BY THE METHOD OF APPLYING TECHNICAL CERAMICS OF DISK WORKING BODIES OF THE HARROW

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ МЕТОДОМ НАНЕСЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ КЕРАМІКИ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ БОРІН

Тіхонов Олександр, Дашутін Андрій

Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити, що утворення нікелевого покриття при розкладанні тетракарбонілу нікелю $Ni(CO)_4$ на поверхні частинок оксиду алюмінію $A1_2O_3$ починається за температури 70°С. При збільшенні температури реакторі в інтервалі 70...180°С швидкість зростання покриттів зростає. При температурі понад 210°С починається розкладання парів карбонілу в об'ємі реактора з випаданням високодисперсного порошку нікелю [1-7].

Інтервал оптимальних температур, при якому швидкість зростання нікелевого покриття максимальна і становить 160...170 мкм/год, лежить у межах 170...210°С. Встановлений інтервал узгоджується з теоретичними викладками з розрахунку термодинаміки та кінетики ведення процесу газофазної металізації. Збільшення подачі пар тетракарбонілу нікелю підвищує швидкість утворення покриття, проте при досягненні значення 50 л/год не всі пари встигають розкластися на поверхні частинок. В результаті проведених експериментів було отримано три партії металізованого порошку оксиду алюмінію з вмістом нікелю 10,9; 15,8 та 23,2% за масою.

Аналіз морфології порошкових частинок з різним вмістом нікелю показує, що на початковому етапі металізації, коли вихідний порошок містить невелику кількість нікелю, покриття складається в основному з окремих острівців, що виникли на центрах. У міру збільшення вмісту металу в порошку відбувається зростання числа центрів кристалізації та їх злиття в суцільну оболонку, що рівномірно покриває кожну порошкову частинку.

Дані хімічного складу отриманих покриттів дозволяють оцінити ступінь вигоряння металу під час напилення. Встановлено, що вигоряння нікелю лежить у межах 1,3...3 %.

Проведений рентгенофогоелектронний аналіз з метою виявлення якісного складу покриттів показав, що в отриманих покриттях присутні оксиди нікелю, алюмінати нікелю і алюмінію, а також алюміній (табл. 1). Ці сполуки забезпечують зв'язок між фазами покриття.

Таблиця 1

Хімічний склад плазмових покриттів

№ з/п	Відносний масовий склад, %				Енергія зв'язку, еВ		Молекулярний склад	
	Ni	Fe	Mn	Al_2O_3	Ni	A1	Ni	A1
1	9,06	0,19	0,01	90,74	857,4	75,8	$Ni(A1_2O_3)$, Ni_2O_3	$M(A10_3)$, $A1_20_3$
2	12,76	0,23	0,03	86,97	854,8	75,2	NiO	$A1_2O_3$
3	21,89	0,24	-	77,87	854 5	75,2	NiO, Ni	$A1_2O_3$, A1

Морфологія плазмових покриттів із композиційних порошків показана на рис. 1.

Поверхня має характерну для плазмових покриттів структуру, що складається з розплавлених частинок порошку, які перекриваються. Зі збільшенням вмісту нікелю простежується тенденція до зниження кількості часток, що не розплавилися, та підтверджує теоретичні викладки про зниження труднощі плавлення оксидного ядра зі зростанням частки плакуючої оболонки.

Рис. 1. Морфологія плазмового покриття із композиційного порошку $A1_2O_3$ – Ni (12,8)

На отриманих зображеннях мікроструктури покриття (рис. 2) чітко видно сформовані шари нікелю, що чергуються з оксидними включеннями. Така структура оптимальна для формування якісного керамічного покриття на поверхні основного матеріалу.

Найбільше значення макротвердості HRC 62 отримано на зразках із вмістом нікелю в покритті 9,1%.

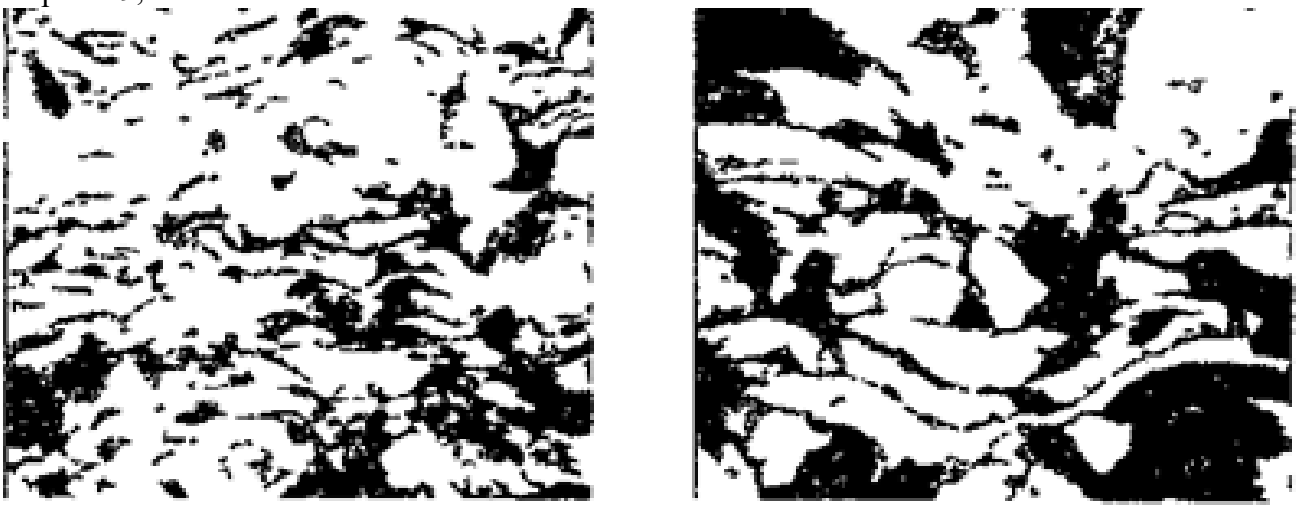


Рис. 2. Мікроструктура плазмового покриття із композиційного порошку $A1_2O_3$ – Ni (21,9)

Для покриття $A1_2O_3$ - Ni (12,8%) було отримано значення HRC 59 і це говорить про те, що в отриманому шарі помітнішу роль починає грати пластична нікелева матриця. Нижчу твердість показало покриття із вмістом нікелю 21,9% (HRC 54).

При вимірі мікротвердості досліджуваних зразків було встановлено, що вона коливається в межах для кожного зразка. Для першого зразка виміряти мікротвердість не вдалося внаслідок його тендітного руйнування при додаванні навантаження на індентор. Були отримані такі значення:

Покриття мікротвердість, ГПа:

$A1_2O_3$ - Ni (12,8%) 4,3 ... 19,2;

$A1_2O_3$ - Ni (21,9%) 4,3... 15,7.

Аналіз даних по міцності зчеплення показує, що зі збільшенням вмісту нікелю в зносостійкому шарі зростає міцність зчеплення покриття з основним матеріалом. Для покриття $A1_2O_3$ – Ni (9,1%) значення міцності зчеплення наближається до покриття із чистого $A1_2O_3$ ($\sigma_{зч}$ = 10,2 МПа). Значно вище значення даного параметра спостерігається у покриттів з вмістом нікелю 12,8 ($\sigma_{зч}$ = 38,4 МПа) і 21,9% ($\sigma_{зч}$ = 42,3 МПа). Ці показники наближаються до параметрів покриття з чистого нікелю ($\sigma_{зч}$ = 56 МПа). Руйнування більшості покриттів має адгезійний характер, тобто, відбувається по межі шар - підкладка. Це говорить про те, що міцність зчеплення між фазами перевищує міцність зчеплення матеріалу та основи.

Найвищу відносну зносостійкість під час випробувань показав матеріал $A1_2O_3$ - Ni (12,8%). Зразок із покриттям з даного порошку втратив у 6,4 рази менше маси, ніж зразок, виготовлений із загартованої сталі 65Г.

Можна припустити, що у шарі з великим вмістом нікелю (21,9%) не формується структури з високою зносостійкістю через велику відстань між оксидними частинками. Дане покриття менш тверде та пластичне; його властивості більшою мірою визначаються властивостями металевої матриці. Найменший вміст металу, що утворює матрицю (9,1%), також призводить до зниження зносостійкості. Нікелевий прошарок у такому покритті стає занадто тонким для утримання твердої фази, і матеріал стає дуже крихким. Крихкості також сприяє оксид нікелю.

Випробування дискових робочих органів борін у реальних умовах експлуатації на середньосуглинистих ґрунтах за середньої вологості 18% показали, що серійні деталі при напрацюванні 30 га зносилися в середньому на 11,6 мм. Зношування дисків, зміцнених напиленням порошку ПГ-УС25, склало в середньому 4,6 мм. Напилення розроблених композиційних покриттів зменшило зношування робочого органу в середньому до 3,4 мм. Плазмове зносостійке покриття з чистого $A1_2O_3$ відшарувалося з усіх робочих органів дискових після обробки перших двох гектарів. Покриття із вмістом нікелю 9,1% має невисоку міцність зчеплення, тому при досягненні напрацювання 8,5 га починається його відшарування. До кінця випробувань на деталі залишилися лише невеликі острівці напиленого матеріалу. Інші два покриття зберігають повну працездатність до закінчення досвіду.

Досліджувані покриття з композиційних порошків показали відносну зносостійкість в межах 1,8...3,2 порівняно з диском, що випускається серійно. Найкращі результати досягаються при вмісті нікелю у покритті 12,8%.

В цілому експлуатаційні випробування підтверджують висунуті теоретичні передумови і дозволяють зробити висновок про ефективність зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин композиційним матеріалом на основі оксиду алюмінію з нікелевою матрицею.

1. Сідашенко О.І. Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017, 361 с.

2. Сідашенко О.І., Науменко О.А., Скобло Т.С., Тіхонов О.В. та інш.; за ред. Сідашенка О.І., за ред. Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання: підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К. : Агроосвіта, 2014, 665 с.

3. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001, 384с.

4. Карташов С.Г., Тихонов А.В. Технология ремонта режущей кромки дискового рабочего органа. /Вісник ХНТУСГ., випуск 76 «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків, 2009, С . 68-71.

5. Курасов Р.Л. Влияние почвы на износ дисковых рабочих органов. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні розробки студентів та молодих науковців в галузі технічного сервісу машин». Харків: ХНТУСГ, 2015, С.47.

6. Курасов Р.Л. Способы восстановления рабочих органов. Материалы XII Международного форума молодёжи «Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке». Харьков: ХНТУСХ, 2016, С.102.

7. Брагинец Н.В., Шовкопляс А.В. Анализ конструкций дисковых рабочих органов и теоретическое обоснование повышения эффективности процесса обработка почвы за счет использования более совершенных рабочих органов. Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка «Системотехніка і технології лісового комплексу», «Транспортні технології». Харків, 2011, Випуск 111, С.86-97.

УДК 612.315

DETERMINATION OF THE TEMPERATURE IN THE BODY OF THE PARTS DURING THE RESTORATION OF THE RELIEF SURFACES OF THE PARTS BY ELECTRIC CONTACT WELDING WITH SIMULTANEOUS DEPOSITION

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ТІЛІ ДЕТАЛІ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ РЕЛЬЄФНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ ЗВАРЮВАННЯМ З ОДНОЧАСНИМ ОСАДЖУВАННЯМ

Тіхонов Олександр, Крамська Лариса

Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

Враховуючи аналогію процесів тепловиділення при контактному шовному, точковому та рельєфному зварюванні, за основу розрахунку зварювального та підігрівального струму при електроконтактному зварюванні з одночасною формотворчою осадкою прийнята методика розрахунку величини зварювального струму на основі рівняння теплового балансу, запропонована О.С. Гельманом для контактного точкового зварювання і що отримала подальший розвиток у ряді робіт [1-4].

У разі відновлення рельєфних поверхонь деталей запропонованим способом розрахунок зварювального та підігрівуючого струму доцільно проводити на ділянках «присадний матеріал-осаджувальний електрод», «рельєф деталі-деталь» і «деталь-підвідний електрод».

Теплота $Q_{EE}^{ЗВ}$, що виділяється при протіканні зварювального струму через ділянку між осаджуючим і підводним електродом у процесі відновлення деталі електроконтактним зварюванням з одночасною формоутворюючою осадкою витрачається на: плавлення матеріалу в обсязі зварювального ядра між присадним матеріалом і вершиною кулачка, що відновлюється Q_1 (рис. 1); нагрівання тіла кулачка, без урахування обсягу зварювального ядра Q_2; нагрівання тіла муфти Q_3 нижче кулачка до контакту з електродом, що підводиться; втрати тепла за рахунок теплопровідності в навколишній метал муфти Q_4, осаджуючий Q_5 і підводячий Q_6 електроди, а також втрати тепла в навколишню атмосферу Q_7.

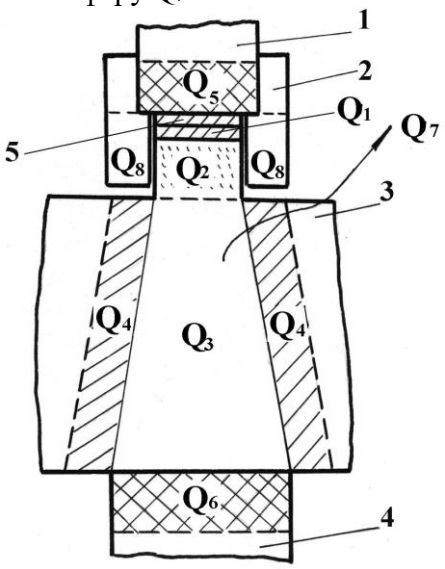


Рис. 1. Зони розподілу теплоти по ділянках між електродами в момент проходження зварювального імпульсу: 1 - осаджуючий електрод; 2 - формоутворююча насадка; 3-деталь; 4 - підвідний електрод; 5 - присадний матеріал

Знаючи складові теплового балансу при проходженні зварювального та підігріваючого імпульсів струму, можна розрахувати їхнє діюче значення за законом Джоуля-Ленца [1-4].

Температура є одним із найважливіших параметрів технологічних процесів виготовлення та відновлення деталей машин, що обумовлює необхідність застосування великої кількості методів та технічних засобів її вимірювання.

До контактних методів та приладів, що дозволяють вимірювати температуру твердих тіл, відносяться [47, 48]:

- метод вимірювання температури, заснований на розширенні та зміні тиску робочої речовини. Пристроями для реалізації цього методу є різні конструкції рідинні термометри, що дозволяють фіксувати температуру від 200 до 759ºС;

- метод вимірювання температури, заснований на суворій залежності електрорушійної сили термоелектричного термометра від температури речовини. Межі вимірювання температури різними термометрами від 200 до 2500ºС та більше. За характером термоелектричні термометри поділяються на дві групи: термопари з благородних та неблагородних матеріалів;

- метод вимірювання температури на основі властивості речовини змінювати свій електричний опір із зміною температури. Термометри опору, засновані на цьому методі, дозволяють вимірювати температуру в межах від 260 до 750ºС, а в окремих випадках до 1000ºС;

- метод пірометрії, заснований на тепловому випромінюванні. Прилади, що використовуються для цього дозволяють вимірювати температуру від 300 до 6000ºС і вище.

Перераховані методи вимірювання температури мають недоліки, що знижують їхнє практичне застосування для вивчення теплових процесів, що відбуваються в зоні зварювання і в тілі відновлюваної деталі під час електроконтактної наплавлення присадного матеріалу та осаду зношеного рельєфу.

По-перше, всі зазначені методи і прилади для вимірювання температури мають значну інерційність. Так, згідно з ГОСТ 6616, малоінерційними термопарами вважаються такі, у яких показник теплової інерції не перевищує 5с. Для первинних перетворювачів пірометрів різних типів час встановлення показань без урахування інерційності вторинного приладу коливається від 0,53 до 27,6с в інтервалі температури візованого тіла від 1000 до 1700ºС [1-4], що ускладнює отримання реальної температури в певний момент процес тепловиділення коливається від 0,01 до 2,0с.

По-друге, теплоприймачі, що застосовуються при контактних методах вимірювання температури, впливають на розподіл температури в контрольованих областях тіла, що негативно може позначитися при електроконтактному зварюванні, при якому тепловиділення в тій чи іншій точці залежить від розподілу щільності струму та опору матеріалу.

По-третє, при вимірюванні контактними методами температури всередині тіла з невеликим об'ємом, та ще й, якщо в них існують великі температурні перепади, характерні для електроконтактного зварювання та наплавлення, виникають значні труднощі, пов'язані із застосуванням теплоприймачів малих розмірів.

По-четверте, контактні вимірювальні прилади слабо опираються механічним впливам, мають порівняно нетривалий термін служби за високих температур у зв'язку з зростанням агресивних властивостей середовища. Крім того, термопари, що застосовуються для вимірювання температур до 2000ºС, відрізняються високою вартістю [1-4].

Таким чином, визначення температури деталей при відновленні їх електроконтактним зварюванням з одночасним осадженням пов'язане з рядом труднощів, пов'язаних в першу чергу з малими розмірами області, що нагрівається, і дуже коротким проміжком часу нагріву. Тому виникає необхідність оцінки теплових явищ, що відбуваються в тілі деталі, яка відновлюється електроконтактним зварюванням з одночасною осадкою. Найбільш прийнятні в таких випадках розрахункові методи дослідження температурних полів на умовній фізичній моделі процесу, що прийнято в цій роботі.

При аналітичній побудові просторово-часового температурного поля, що відображає дійсний розподіл температур при контактному зварюванні, необхідно забезпечити такі умови [28-30, 50, 51]:

- відповідність розрахункової і дійсної кількості тепла, що генерується в одиницю часу в деталях, що зварюються в будь-якій стадії процесу;
- розподіл цього тепла, узгоджений у кожний момент часу з електричним та температурними полями в деталях;
- достатньо точний облік явищ теплопередачі і в першу чергу теплопередачі в електроди (при цьому повинні бути прийняті до уваги розміри та форма електродів).

У загальному випадку температурне поле при зварюванні описується рівнянням теплопровідності на основі закону теплопровідності Фур'є:

$$\lambda\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)=\frac{\partial T}{\partial t}c\gamma\,, \tag{1}$$

де T – температура;

t – час;

x, y, z – змінні координати;

c, γ, λ - відповідно теплоємність, щільність та теплопровідність.

При точковому зварюванні, коли джерело теплоти нерухоме, диференціальне рівняння теплопровідності в циліндричних координатах записується в наступній формі:

$$\frac{\partial T}{\partial t}=\frac{\lambda}{c\gamma}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{i^2\rho}{c\gamma}\,. \tag{2}$$

У лівій частині цього рівняння – швидкість зміни температури у будь-якій точці з'єднання, у правій – сума приватних похідних, що враховують теплообмін теплопровідністю всередині тіла: доданок $\frac{i^2\rho}{c\gamma}$ виражає підвищення температури за рахунок дії джерела теплоти, пов'язаного з проходженням струму щільністю і через власний опір деталі.

У окремому випадку нагрівання металу прохідним електричним струмом за умови плоскої задачі описується наступним рівнянням [28, 46].

$$\frac{\partial T}{\partial t}=\frac{\lambda}{c\gamma}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x}+\frac{\partial^2 T}{\partial y}\right)+\frac{i^2\rho}{c\gamma} \tag{3}$$

Проте, дотримання умов побудови просторово-часового температурного поля веде до неможливості розв'язання диференціального рівняння теплопровідності. Для цієї мети зазвичай використовують чисельні та наближені методи вирішення.

1. Сідашенко О.І. Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017, 361 с.

2. Сідашенко О.І, Науменко О.А., Скобло Т.С., Тіхонов О.В. та інш.; за ред.. Сідашенка О.І, за ред. Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання: підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Агроосвіта, 2014, 665 с.

3. Тихонов А.А. Мартыненко Д.А. Влияние макрогеометрии рабочей поверхности осаживающего электрода на распределение тока. Материалы международного форума молодежи «Молодежи и сельскохозяйственная техника в XXI веке». Харьков: ХНТУСХ, 2006, С.62.

4. Тихонов А.В. Электрод для восстановления изношенных рельефных поверхностей деталей // Методы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственных машин. Сб. науч. тр. МИИСП. М., 1986, С.72 – 77.

УДК 621.225

LOW SPEED HIGH TORQUE HYDROMOTORS BY ARRANGEMENT OF CYLINDERS IN ONE CIRCULAR PLANE

НИЗЬКООБЕРТОВИЙ ВИСОКОМОМЕНТНИЙ ГІДРОМОТОР З РОЗМІЩЕННЯМ ЦИЛІНДРІВ ПО КОЛУ В ОДНІЙ ПЛОЩИНІ

Чмуж Ярослав, Галицький Олег, Кебко Олександр

Український державний університет залізничного транспорту,
Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Сучасні вимоги в машинобудуванні передбачають проектування механізмів та машин застосовуючи методи ресурсозбереження. До таких методів можна віднести зменшення металоємності, підвищення ресурсу, підвищення ефективності механізмів та машин. Сегмент будівельних, дорожніх, колійних, вантажних та сільськогосподарських машин можна віднести до гідрофікованих. Гідросистеми таких машин можуть мати один та більше гідромоторів з редукторами та гальмівними пристроями, які приводять в дію робоче обладнання. Особливої уваги потребують механізми з низькою частотою обертання робочого обладнання, яка досягається при застосуванні високообертових гідромоторів та редукторів.

Застосування низькообертових високомоментних гідромоторів (НВГ) забезпечує пряме, без застосування редуктора, з'єднання його вихідного вала з робочим обладнанням, та дозволяє відмовитись від застосування гальмівних пристроїв, при їх застосуванні. Таке конструктивне рішення значно підвищує ефективність механізмів та зменшує металоємність. Конструктивні особливості НВГ передбачають розміщення циліндрів в різних площинах при розміщенні їх по колу, або зміщені в одній площині при рядному їх розміщенні, що обумовлене значними габаритними розмірами. Такі конструктивні особливості обмежують можливості застосування таких моторів, в механізмах з обмеженим місцем для їх розташування. Вирішення питання зменшення розмірів таких низькообертових високомоментних гідромоторів дозволить розширити можливості їх застосування в механізмах машин. Спроби створення гідромоторів на базі силових циліндрів з розміщенням їх в одній площині при розміщенні їх по колу, були представлені у вигляді загального вигляду та траєкторій руху штоків циліндрів зображених на рисунку 1.

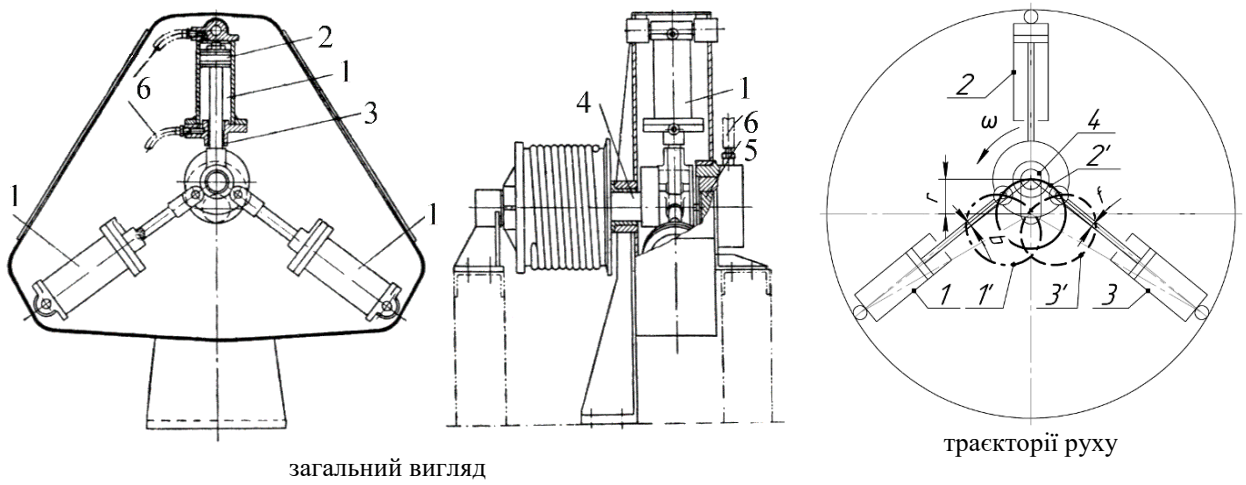
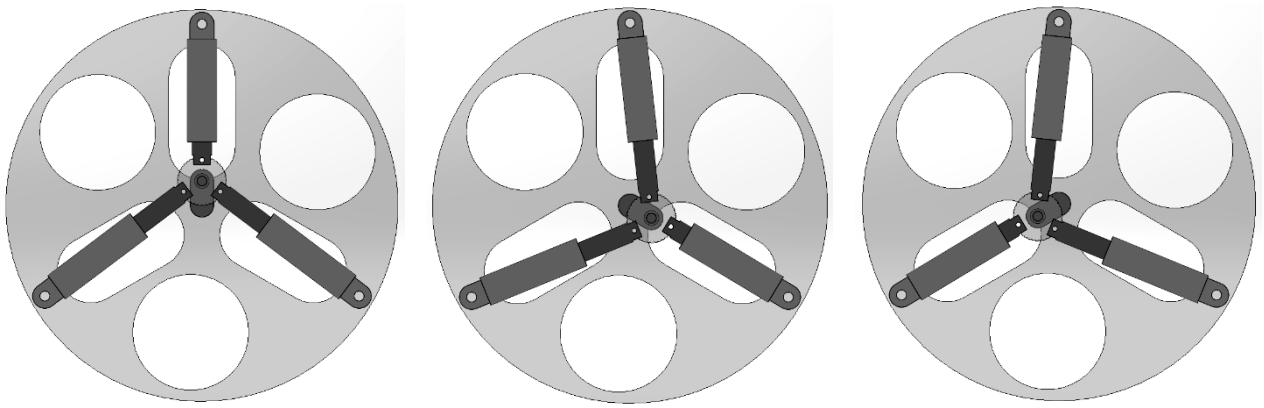


Рис. 1. Вантажопідйомний механізм з застосуванням НВГ на базі циліндрів (Вощінін Г. В. МАШГИЗ 1954 р.)

Застосування наведеного схемного рішення для створення НВГ потребує вирішення питання кінематичних взаємозв'язків елементів мотора для безперервного обертання вала.

Кінематичні, функціональні закономірності НВГ на базі циліндрів базуються на результатах досліджень поршневих насосів. Відомі залежності, переміщення поршнів, зміна його швидкості та прискорення, визначення подачі насосу та крутного моменту на валу, застосовуються як базові, на основі обертовості процесів їх функціонування.

Використовуючи дослідження НВГ, поршневих насосів, сучасні методи та засоби комп'ютерного проектування і моделювання, дозволяє визначити умови кінематичних взаємозв'язків елементів мотора. На основі результатів досліджень створено комп'ютерну модель НВГ кривошипно-шатунного типу. На рисунку 2. відображено зміни положення циліндрів при зміні кута повороту вихідного вала, що підтверджує функціонування комп'ютерної моделі.



Початкове положення кривошипа 0 град | *Положення кривошипа 120 град* | *Положення кривошипа 240 град*

Рис. 2. Моделювання процесу функціоннування НВГ кривошипно-шатунного типу в одный площині

Конструктивні особливості створення НВГ кривошипно-шатунного типу передбачає закріплення штоків циліндрів на шатуні, шарнірно закріпленому на кривошипові, які перетворюють зворотньо-поступовий рух штоків циліндрів в обертовий рух вала. Застосування загального шатуна, дозволило розмістити циліндри в одній площині при ріномірному розміщенні їх по колу. Така конструкція дозволяє зменшити ширину мотора, яка складається з корпусу і зовнішнього діаметра циліндра. Застосування конструкції НВГ кривошипно-шатунного типу зменшує ширину до 3-х разів відносно відомого НВГ при однакових їх параметрах циліндрів рівномірно розміщених по колу.

Мінімальні габаритні розміри мотора дозволять розширити їх застосування в механізмах машин з обмеженними розмірами, що приведе до підвищення ефективністі та зменшення металоємності машини в цілому.

Дослідження створеної компютерної моделі дозволяють визначити основні закономірності функціонування моторів данного типу. Результати досліджень будуть представлені в подальших публікаціях.

1. Докукин А.В. и др. Привод скребкового конвейера А.с. № 334136 СССР от 24.08.1970г., МКИ В 65g 23/04. Опубл. 30.03.1972, бюл. № 12. – 2 с.

2. Вощинин А.И., Савин И.Ф. Гидравлические и пневматические устройства на строительных и дорожных машинах / А.И. Вощинин, И.Ф. Савин – М.: МАШГИЗ, 1954. – 322 с.

3. Раннев А.В., Корелин В.Ф., Жаворонков А.В. и др. Строительные машины: Справочник:[в 2-х т.]. Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог. Под общ. Ред. Э.Н. Кузина. 5-е изд., перераб. – Москва: Машиностроение, 1991 – Т.1. – 496 с.

4. Соломонов С.А. Путевые машины: Учебник для вузов ж.-д. транс. / С.А. Соломонов, М.В. Попович, В.М. Бугаенко и др. Под ред. С.А. Соломонова – М.: Желдориздат, 2000 – 756 с.

УДК 677.021

ANALYSIS OF CHANGES IN THE COMPONENTS OF STRESSES IN THE SOIL FROM THE ACTION OF THE ROD SEPARATION SURFACE OF THE WORKING BODY OF THE POTATO HARVESTING MACHINE

АНАЛІЗ ЗМІНИ КОМПОНЕНТІВ НАПРУЖЕНЬ У ҐРУНТІ ВІД ДІЇ ПРУТКОВОЇ СЕПАРУВАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ РОБОЧОГО ОРГАНУ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Шимко Андрій

Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Для успішного входження України у світовий економічний простір, як виробника картоплі, необхідно забезпечити конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні витрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції. Проблемами удосконалення картоплезбиральної техніки займалися такі вчені, як В.П. Горячкін [1], Г.Д. Петров [2], М.Є. Мацепура [3], А.С. Кушнарьов [4] D. Amare [5] та багато інших. Аналізу досліджень взаємодії робочих органів із ґрунтом присвячено роботи Кострицина О.К. [6], Кушнарьова А.С. [7], Ковбаси В.П. [8]. Стан досліджень взаємодії робочих органів із ґрунтом виявив, що при побудові моделей взаємодії частіш за все використовують або одномірні моделі, або, у кращому випадку, плоскі рішення, які не завжди відображають реальний процес змін властивостей ґрунту під дією робочого органу. Зважаючи на це, розв'язок задачі про взаємодію робочого органу з ґрунтом у тримірній постановці з встановленням взаємозв'язку геометричних параметрів і режимів роботи самого робочого органу зі зміною властивостей ґрунту є актуальною задачею, яка потребує вирішення.

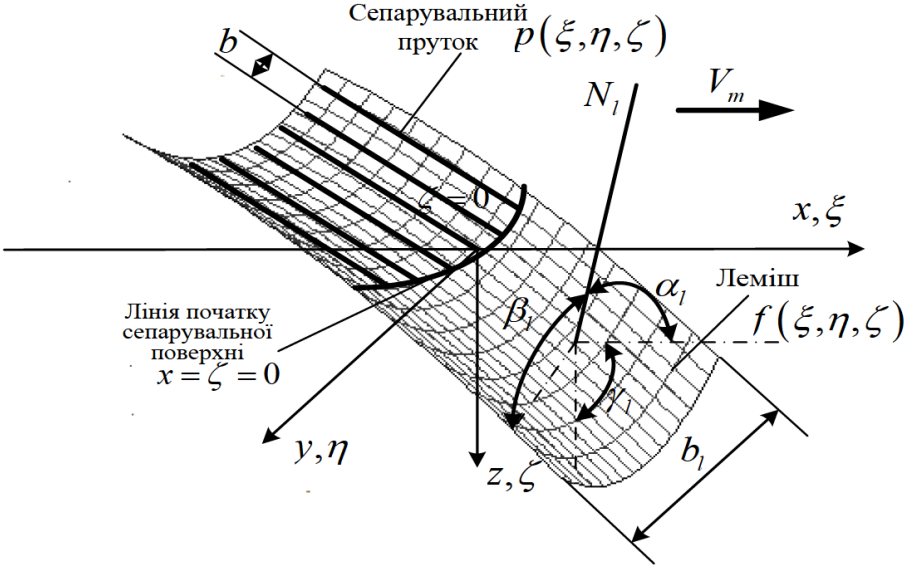


Рис. 1. Загальна схема підкопувально-сепарувального робочого органу

У ході виконаних теоретичних досліджень, проаналізовано вплив параметрів і режимів роботи лемішної та сепарувальної пруткової частини робочого органу для викопування картоплі (рис.1) та механічних властивостей ґрунту на зміну його механічних властивостей, його розущільнення та можливість руйнування суцільності, що забезпечить кращі умови

просівання агрегатів ґрунту через пруткову частину сепарувальної поверхні. Для аналізу впливу параметрів і режимів роботи лемішної частини викопувального робочого органу, необхідно було визначити зв'язок динамічних величин, зокрема напружень у ґрунті в залежності від їх механічних властивостей та геометричних параметрів і режимів роботи леміша.

Такими динамічними величинами є компоненти напружень у ґрунтовому середовищі. Загалом для аналізу змін властивостей середовища на сепарувальній поверхні важливим є загальні напруження від дії всіх прутків. Для того щоб отримати спільну дію прутків на зміну напружень у середовищі використаний метод суперпозиції, оскільки дія кожного з прутків є дискретною по відношенню до простору, в якому аналізуються напруження. За отриманими залежностями виконано розрахунок та отримано ряд графічних залежностей, які відображають вплив спільної дії прутків на зміну компонентів напружень рис. 2 (подано один варіант).

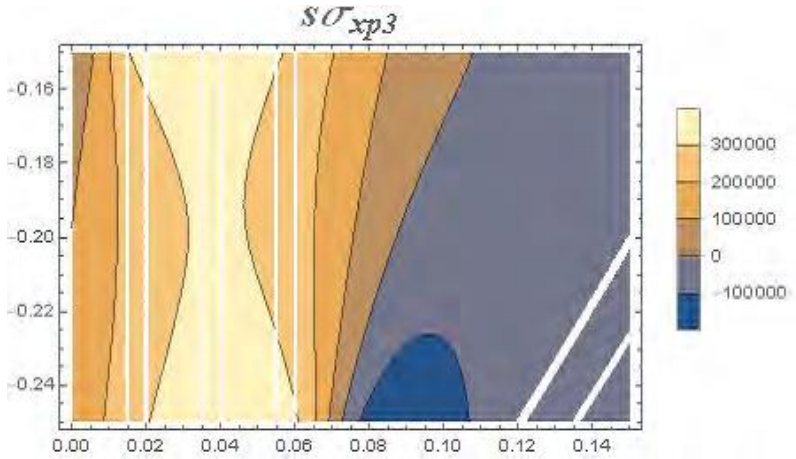


Рис. 2. Контури зміни суми компоненти нормальних напружень $S\sigma_{xp}$від дії прутків
$n_{pp} = (1, 2., 3), b_p = 0.02, V_m = 1$м/с

Аналізуючи вплив спільної дії декількох прутків сепарувальної поверхні на середовище, можна зробити висновок, що зони абсолютних значень компонента нормальних напружень зростають зі збільшенням кількості прутків. Аналогічна картина спостерігається при змінах компонент дотичних напружень. Це пояснюється тим, що дія концентрованих напружень під дією кожного з прутків зі збільшенням їх кількості наближається до дії розподіленого навантаження по поверхні, хоча під дією суцільної поверхні слід чекати ще більшого зростання компонента напружень при збільшення площі контакту.

1. Горячкин В.П. Земледельческая механика. М.: Колос, 1965, 720 с.

2. Петров Г. Д. Картофелеуборочные машины. М.: Машиностроение, 1984, 214 с.

3. Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля. Минск, 1979, 79 с.

4. Кушнарев А.С. Механика почв: задачи и состояние. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1987, № 3, С. 9–13.

5. Dagninet Amare, Geta Kidanemariam, Wolelaw Endalew, Seyife Yilma (2015) Potato Harvester for Smallholder Producers. International Journal of Mechanical Engineering and Applications. Vol.3, No. 6, 2015, pp. 103–108.

6. Кострицин О. К. Основные закономерности сопротивления почвы деформации и разрушению и их исследование для обоснования типа и параметров почвообрабатывающих противоэрозионных рабочих органов. дис. докт. техн. наук: 05.20.01. М., 1986, 356 с.

7. Кушнарьов А. С. Механико-технологические основы процесса воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву: дис. докт. техн. наук: 05.20.01. Мелітополь, 1980, 329 с.

8. В. П. Ковбаса, В. М. Швайко, О. П. Гуцол Механіка сільськогосподарських матеріалів та середовищ: навчальний посібник. Київ : Лисенко М. М., 2015, 536 с.

UDC 658.1.004

IMPORTANCE OF RISK MANAGEMENT TOOLS APPLICATION FOR SUPPLY CHAIN

ВАЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ

Hukaliuk Nadiia, Savchenko Lidiia
Гукалюк Надія, Савченко Лідія

Національний авіаційний університет,
пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058

Theses highlight the importance of the problem of risk management in supply chains, focusing attention on the advantages of using risk management tools for the logistics system of any enterprise. The main risks of the supply chain and their places of occurrence are outlined in the form of a risk map.

Risk management of the logistic system is more than a helpful addition operation of the enterprise – it is essential to being sustainable under events like natural disasters, unpaid bills, transportation disruptions, etc. The purpose of risk management is to prevent problems and provide loss mitigation if risk events do occur.

The current state of economic interaction between enterprises largely depends on the efficiency of their logistics systems, the main purpose of which is the proper management of material flows and related flows due to the clear coordination of the actions of specialists of various services that take part in the management of material flows.

The effectiveness of the logistics system is largely determined by the ability to minimize unpredictability and the possibility of events with negative consequences caused by certain actions or decisions that will take place in the future, that is, various risks that to one degree or another affect the change in the state of the logistics system.

Risk is one of the key factors affecting the resulting indicators of the enterprise's production and economic activity [1]. The unstable political and economic situation in the country, the lack of a clear legislative and regulatory framework, the intensification of the use of modernized management technologies requires modern enterprises to change the management vectors, which are oriented towards the use of the latest management methods, which are able to adapt to the situation of uncertainty and risk, which is objective today's reality.

In Ukraine risk management, at the current stage of development, it is characterized by the fragmented nature of research, the insufficient number of theoretical and methodological developments in this direction, the lack of qualified specialists in risk management, which thereby creates the basis for more in-depth research based on the study successful foreign experience with its subsequent adaptation at Ukrainian enterprises.

Supply chain management has never been more important as more companies are handing over their manufacturing processes to external supply networks that operate on a national or global basis. Working with a third-party logistics (3PL) provider can provide the company with shorter production cycles, modern strategies, new technologies, and much more.

With a growing network of prospects and increased global dependencies, there is a higher risk of losing customers if situation in the supply chain is no more under firm control. Risks in supply chains can include a shortage of raw materials, production plant failures from natural disasters, strikes, or miscommunications within the supply chain.

The use of risk management mechanisms is due to a number of advantages [2]:

–improving the effectiveness of strategic planning at the enterprise;
–increasing the productivity of the enterprise's production and economic activity;
–effective use of enterprise resources;
–improvement of communication between employees and management;
–identification of risks that affect the operation of the enterprise;
–development of a methodology for studying risks in order to prevent their occurrence.

Improvement of management mechanisms based on risk management tools is relevant for ensuring the efficiency and reliability of the economic system at all its levels, which includes a complex of management decisions aimed at timely identification of the risks themselves, analysis and assessment of risk-generating factors with the aim of reducing their negative effects as both now and in the future [3].

Risk management is key in eliminating all types of "waste" and "losses". Wasting resources can add risk to the organization and supply chain, so by planning ahead with a good risk management system, materials can be repurposed to avoid waste.

Risk management can help reduce the complexity of a problem and prevent problems altogether. For example, it begins by identifying what risks might prevent the company from getting its products to its customers on time, understanding how badly each risk would hurt the operations, and finding quick solutions to manage the situation (Fig. 1).

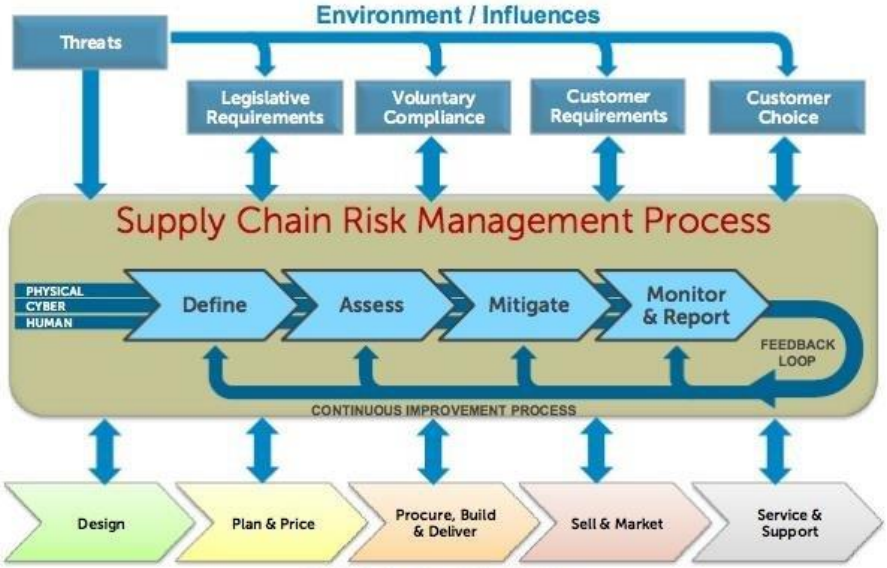


Figure 1. The map of Supply Chain Risk Management Program [4]

Risks vary from business to business but by considering the worst-case scenario for each situation, solutions can be brought to light in the event they should occur. That way, when risks present themselves, enterprise can continue to run its operations smoothly, without going into panic mode.

Authors of [5] recommend that organizations start by thinking of their risks in terms of known and unknown risks. Known risks can be identified and are possible to measure and manage over time. For instance, a supplier bankruptcy leading to a disruption in supply would be a known risk. Its likelihood can be estimated based on the supplier’s financial history, and its impact on your organization can be quantified through consideration of the products and markets the supplier would disrupt. Newer risks such as cybersecurity vulnerabilities in the supply chain are also now quantifiable through systems that use outside-in analysis of a company’s IT systems to quantify cybersecurity risks.

Organizations should invest time with a cross-functional team to catalog a full scope of risks they face, building a risk-management framework that determines which metrics are appropriate for measuring risks, “what good looks like” for each metric, and how to rigorously track and monitor these metrics. This team can also identify gray areas where risks are hard to understand or define

(e.g., tiers of the supply chain where no visibility exists). This analysis can dimensionalize the scale and scope of unknown risks.

Unknown risks are those that are impossible or very difficult to foresee. Consider the sudden eruption of a long dormant volcano that disrupts a supplier you didn't know was in your supply chain, or the exploitation of a cybersecurity vulnerability buried deep the firmware of a critical electronic component. Predicting scenarios like these is likely impossible for even the most risk-conscious managers.

For unknown risks, reducing their probability and increasing the speed of response when they do occur is critical to sustaining competitive advantage. Building strong layers of defense combined with a risk-aware culture can give an organization this advantage.

A typical approach for risk identification is to map out and assess the value chains of all major products. Each node of the supply chain—suppliers, plants, warehouses, and transport routes—is then assessed in detail (Fig. 2).

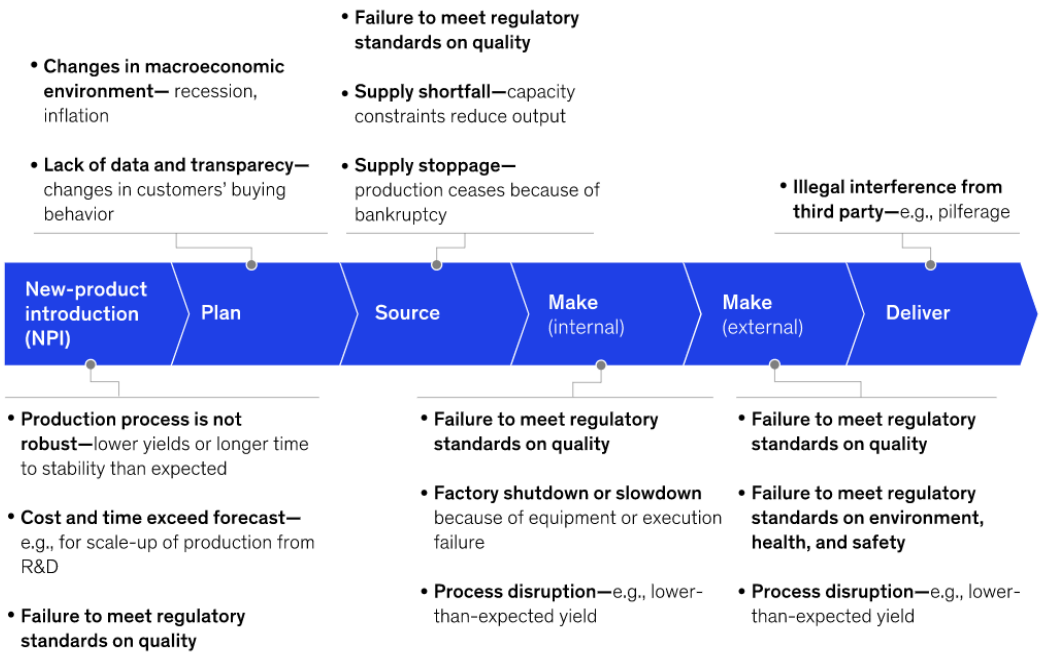


Figure 2. Possible risks in the supply chain [5]

Maintaining the delivery of essential goods and services and preventing issues before they occur is a lot of work. It takes time and energy to constantly monitor operations to ensure everything is working at optimum potential. As global markets increase and the supply chain becomes more complex, the need for risk management is stronger than ever.

1. Opalenko A. Justification of the concept of modeling the system of risk management of production enterprises. Bulletin of the Eastern European University of Economics and Management. Cherkasy. 2014. 186-192.

2. Chernenko N. Risk management in the context of modern scientific research. Journal "science and education". Odesa. 2017. 204-208.

3. Holovach T. Risk and economic sustainability of business structures. Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Khmelnytskyi. 2015. 38-41.

4. Ceyhun Ozgur. The Effect of Supply Chain Disruptions on Business. URL: https://www.researchgate.net/publication/339366297_The_Effect_of_Supply_Chain_Disruptions_on_Business.

5. Tucker Bailey, Edward Barriball, Arnav Dey, and Ali Sankur. A practical approach to supply-chain risk management. 2019. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/a-practical-approach-to-supply-chain-risk-managemen.

UDC 621.314

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE CHARGING STATION FOR ELECTRIC VEHICLES WITH SINGLE-STAGE CONVERSION OF ELECTRIC ENERGY

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ З ОДНОЕТАПНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Nerubatskyi Volodymyr, Hordiienko Denys

Ukrainian State University of Railway Transport
Feierbakh sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050

The relevance of the issue of increasing the energy efficiency of charging stations for electric vehicles is considered. Types of charges according to international standards are presented. The topology of a charging station for electric vehicles with one-stage conversion of electrical energy is proposed.

In the last few decades, there has been a steady transition from vehicles with internal combustion engines to electric motors. Electrification of road transport is one of the main trends in the development of the global automotive industry [1, 2].

The expansion of the use of electric vehicles is very promising in view of the possible reduction of atmospheric air pollution by vehicles, primarily in large cities. Another advantage of using electric cars is a significant reduction in energy costs, as well as a possible reduction in repair and maintenance costs compared to conventional cars [3, 4].

Currently, there is a tendency to strengthen the requirements for standards for the quality of electrical energy. In power systems built on the basis of rectifiers, there is a problem associated with increasing the power factor due to reducing the non-sinusoidal nature of the consumed current [5].

An electric vehicles charging station appears as a DC load to the electrical distribution system, and the nature of the AC to DC conversion process through rectification can introduce unwanted current harmonics into the grid distribution system, resulting in a negative impact on grid power quality [6, 7].

Manufacturers and researchers pay considerable attention to the development of electric vehicles. At the same time, an important issue is the creation of energy-efficient charging stations with the highest parameters of efficiency, power factor. Also, a rather important parameter of charging stations is the time and method of charging electric vehicle batteries [8].

In the standards IEC-62196, IEC-61851 and others, which are valid in Europe, five charging modes of electric vehicles are distinguished. The last type of charge cannot be classified on the same level as the other types – it is an inductive wireless charge. The first to fourth types can be classified according to the Table 1.

Table 1 – Types of electric vehicle charges according to international standards

<table>
<tr><th>Type</th><th>Number of phases</th><th>Charge voltage, V</th><th>Type of current</th><th>Charge current, A</th><th>Disposition</th><th>Location of the charging station</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Mode 1</td><td>1</td><td>up to 250</td><td rowspan="7">AC</td><td rowspan="2">up to 16</td><td rowspan="7">onboard</td><td rowspan="5">homely</td></tr>
<tr><td>3</td><td>up to 480</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Mode 2</td><td>1</td><td>up to 250</td><td rowspan="2">up to 32</td></tr>
<tr><td>3</td><td>up to 480</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Mode 3</td><td>1</td><td>up to 250</td><td>up to 32</td><td rowspan="3">private / public</td></tr>
<tr><td>1</td><td>up to 250</td><td>up to 70</td></tr>
<tr><td>3</td><td>up to 480</td><td>up to 63</td></tr>
<tr><td>Mode 4</td><td>3</td><td>up to 1000</td><td>DC</td><td>up to 500</td><td>outboard</td><td>public</td></tr>
</table>

A traditional fast charging charging station usually consists of two stages, namely an AC/DC converter and an output DC/DC converter (Fig. 1). Therefore, the output voltage can be adjusted according to a wide range of battery voltage (280...400 V) for different electric vehicles.

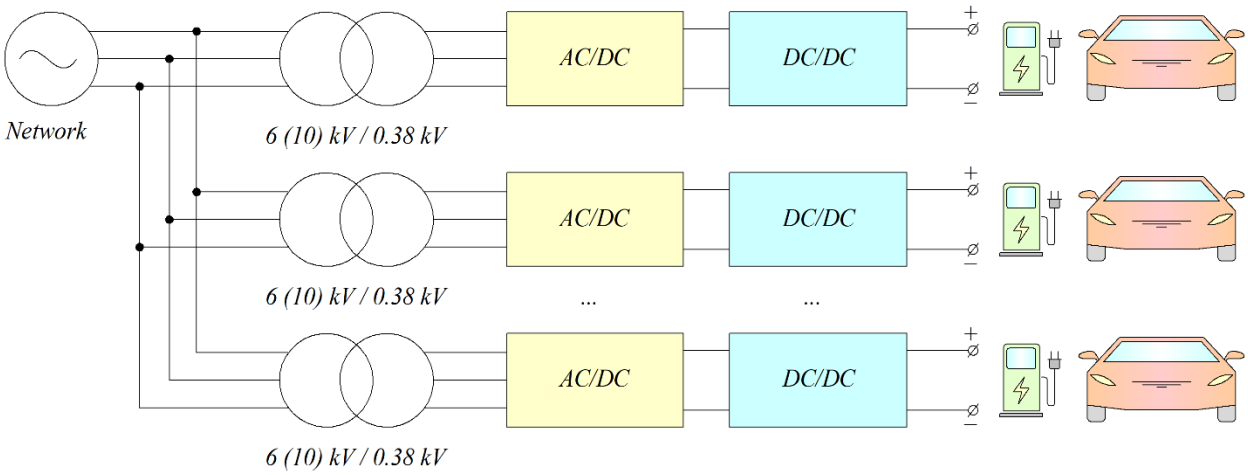


Fig. 1. Structural diagram of a traditional charging station for electric vehicles

In commercial fast chargers, the DC output converter is intended for use as a galvanically isolated converter where a high-frequency transformer is required for isolation. However, the efficiency of such a charging station is lower due to the presence of a DC/DC converter link.

The proposed single-stage AC/DC structure replaces the two-stage structure with lower cost and higher efficiency (Fig. 2). It is suggested to use an active rectifier as an AC/DC converter. It is assumed that the single-stage structure has a 2 % higher efficiency compared to the traditional two-stage structure.

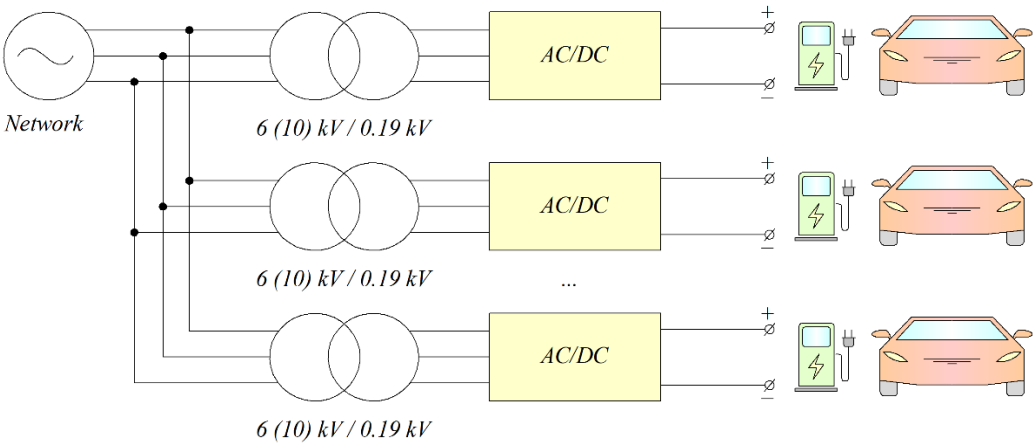


Fig. 2. Structural diagram of a charging station for electric vehicles with one-stage energy conversion

The advantages of the proposed charging station with an active rectifier include:
– high power factor, close to unity;
– low coefficient of harmonic distortion of the consumed current (*THD* < 5 %);
– higher efficiency relative to two-stage charging stations of the AC/DC – DC/DC type;
– the possibility of providing two-way energy transfer.

In addition, unlike the previously discussed topologies, the proposed charging station does not contain an additional energy conversion link – a DC/DC converter, which results in a smaller number of energy conversion stages and better efficiency indicators.

The schematic diagram of the proposed topology of the charging station for electric vehicles is shown in Fig. 3. The charging station consists of an input transformer, a three-level active rectifier and a load.

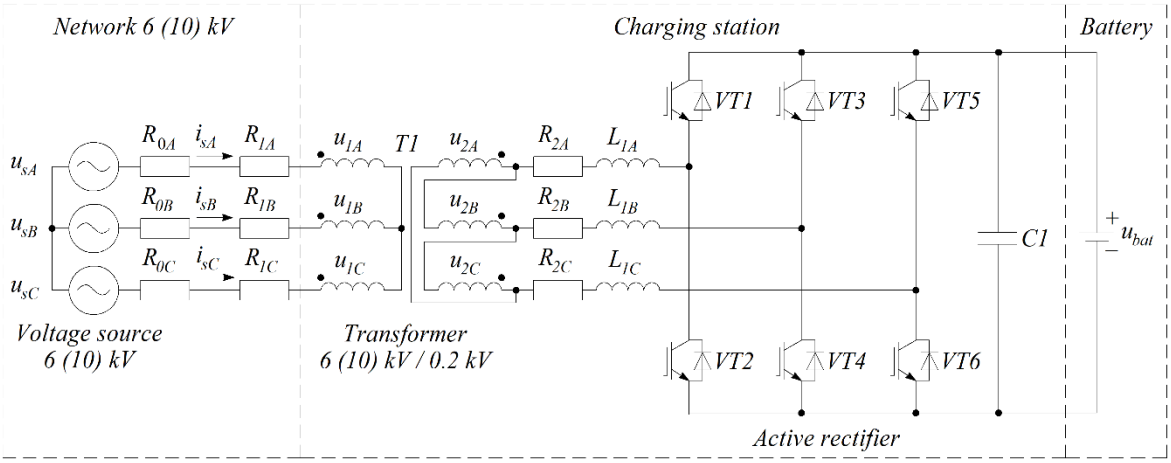


Fig. 3. Schematic diagram of the proposed topology of a charging station for electric vehicles

The 6 (10) kV network is represented by a three-phase symmetrical system of sinusoidal voltages u_{sA}, u_{sB}, u_{sC}. Network parameters are taken into account by active resistances R_0 and inductance L_0. The parameters of the line connecting the traction substation and the converting three-phase transformer 6 (10) kV / 0.31 kV are determined by the active resistance R_2 and the inductance L_1. The supply windings of the transformer *T1* are connected to the 6 (10) kV network, and the valve windings are connected to the active rectifier, which consists of chokes L_{1A}…L_{1C}, transistors *VT1*…*VT6* and capacitor *C1*. The parameters of the line from the transformer *T1* to the chokes of the active rectifiers correspond to the active resistance R_2. The load is represented by a DC battery.

Conclusions. The structure of a charging station for electric vehicles is proposed, which realizes a single-stage conversion of electricity in an active rectifier. At the same time, it is expected to improve the parameters of efficiency, power factor and harmonic distortion factor.

1. Ivanchev J., Fonseca J., Knoll A. Electrification and Automation of Road Transport: Impact Analysis of Heat and Carbon Emissions for Singapore. 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). 2020. P. 1–8. DOI: 10.1109/ITSC45102.2020.9294274.

2. El Bakkari F., Mounir H., El Marjani A. Electric Vehicle Progress and Challenges on the Road to Sustainable Transportation. 2021 9th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC). 2021. P. 1–6. DOI: 10.1109/IRSEC53969.2021.9741163.

3. Weiss M., Zerfass A., Helmersb E. Fully electric and plug-in hybrid cars. An analysis of learning rates, user costs, and costs for mitigating CO_2 and air pollutant emissions. Clean Prod. 2019. Vol. 212. P. 1478–1489. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.019.

4. Wilberforce T., El-Hassan Z., Khatib F. N., Al Makky A., Baroutaji A., Carton J. G. Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42, No. 40. P. 25695–25734.

5. Haq G., Weiss M. Time preference and consumer discount rates – insights for accelerating the adoption of efficient energy and transport technologies. Technol. Forecast. Soc. Change. 2018. Vol. 137. P. 76–88. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.06.045.

6. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Mashura A., Hordiienko D. The analysis of mathematical models of charge-discharge characteristics in lithium-ion batteries. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). 2020. P. 635–640. DOI: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088827.

7. Jog P., Shete S., Kumawat R. K., Palwalia D. K. Electric Vehicle Charging Station Infrastructure: A Review. 2021 6th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE). 2021. P. 1–7. DOI: 10.1109/ICRAIE52900.2021.9703969.

8. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Mashura A., Hordiienko D., Khoruzhevskyi H. Improving energy indicators of the charging station for electric vehicles based on a three-level active rectifier. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 3, No. 8 (105). P. 46–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.204068.

UDC 621.314

SYSTEM OF ELECTROMECHANICAL ENERGY CONVERSION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE ROLLING STOCK WITH INERTIAL ENERGY ACCUMULATOR

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ З ІНЕРЦІЙНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ

Nerubatskyi Volodymyr, Hordiienko Denys

Ukrainian State University of Railway Transport
Feierbakh sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050

The functioning and principle of operation of mechanical inertial energy accumulators are considered. The diagram of the placement of the traction equipment on the electric rolling stock is given. As a system of electromechanical energy conversion, a direct current electric drive with a semiconductor switch and excitation from permanent magnets is adopted. Distribution of the flow of electrical energy to the drive and storage in the storage device occurs due to the parallel inclusion of the traction inverter and the reversing converter, which ensures two-way current flow.

Electricity consumption on railways is much higher than on other modes of transport [1, 2]. One of the promising means of saving electricity and improving its quality in railway transport is the use of electric energy storage devices, which are electrotechnical devices designed for the distribution of instantaneous power values between the generating source and the consumer [3, 4].

According to their energy indicators, mechanical inertial energy accumulators, which are a combination of a kinetic energy accumulator – a rotating flywheel and an electromechanical energy conversion system – have become the most widespread [5, 6]. Structurally, the flywheel and the electromechanical energy converter are united by means of a shaft into one unit.

An important advantage of inertial energy accumulators is that the circuit of the traction electric drive does not require the use of complex control and switching schemes [7]. As a system of electromechanical energy conversion, a direct current electric drive with a semiconductor switch and excitation from permanent magnets is adopted. A rotating inductor is an alternating pole magnetic system.

The layout of the traction equipment on the electric rolling stock using four wagons is shown in Fig. 1.

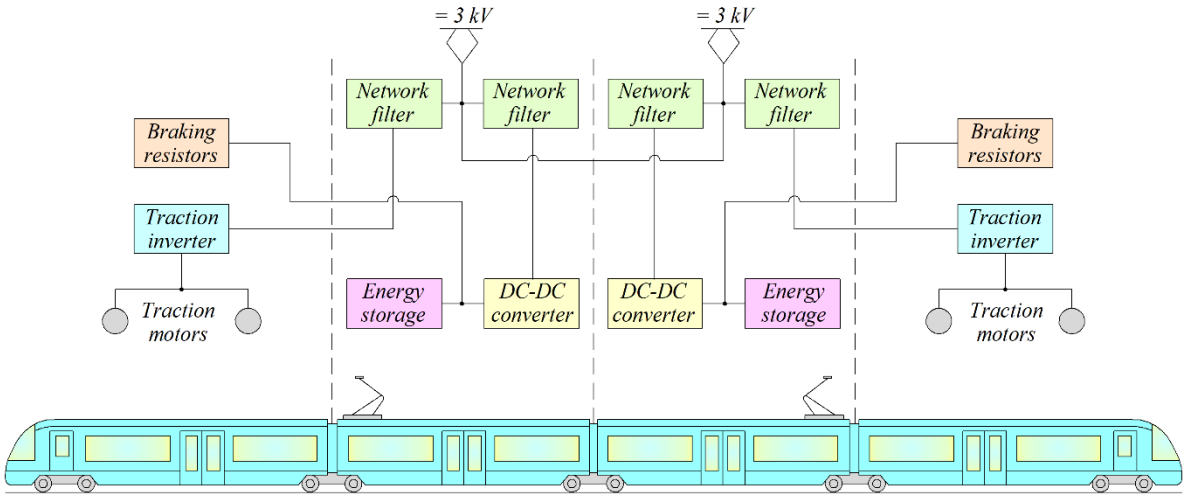


Fig. 1. Scheme of placement of traction equipment on an electric rolling stock

The difference of this scheme of the electric train is that in the system of its traction electric drive, an energy accumulator is provided, which in the braking mode should store kinetic energy, so that later, when the train accelerates, it can be released through the traction chain. To make the device compact, the electromechanical energy converter is placed inside the cylindrical rotor. The accumulator stores energy when the electromechanical energy conversion system operates in engine mode, while the rotor speed increases. A releases energy when the system switches to generator mode and the rotor speed decreases.

The inertial energy accumulator considered in the work provides for its operation during the operation of electric rolling stock in the cycle "braking – parking – acceleration". To do this, a DC-DC converter capable of providing a voltage difference across the traction motor and storage terminals in order to maintain the circuit's power current must be used in the traction drive system with the storage device.

The traction drive, consisting of two identical traction units, receives power through the protection equipment from one of the two current receivers. The traction unit contains two chains connected in parallel – traction and storage. Each of the converters of these circuits has a direct connection to the traction network through an input filter.

The traction chain includes a network filter, a traction converter and two traction motors connected in parallel. The network filter protects the electric drive from possible overvoltages in the traction network. The traction converter, which provides regulation of the torque and rotation frequency of asynchronous motors, is an autonomous voltage inverter. The storage circuit consists of a network filter, a DC-DC converter, braking resistors, and an energy store. Such a scheme of the electric drive makes it possible to use for traction the current coming both from the contact network and from the energy store. During regenerative braking, the braking energy can be returned to the contact network and simultaneously stored in the storage device (Fig. 2, 3).

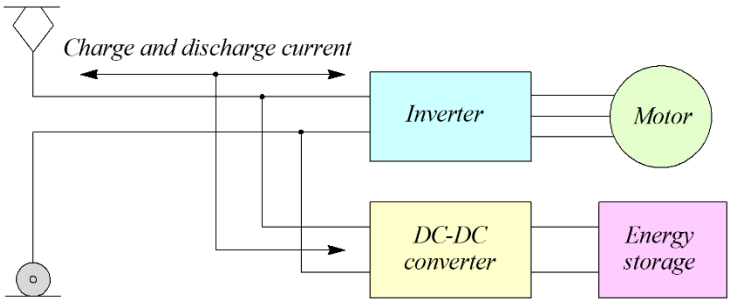


Fig. 2. Structural diagram of traction electric drive

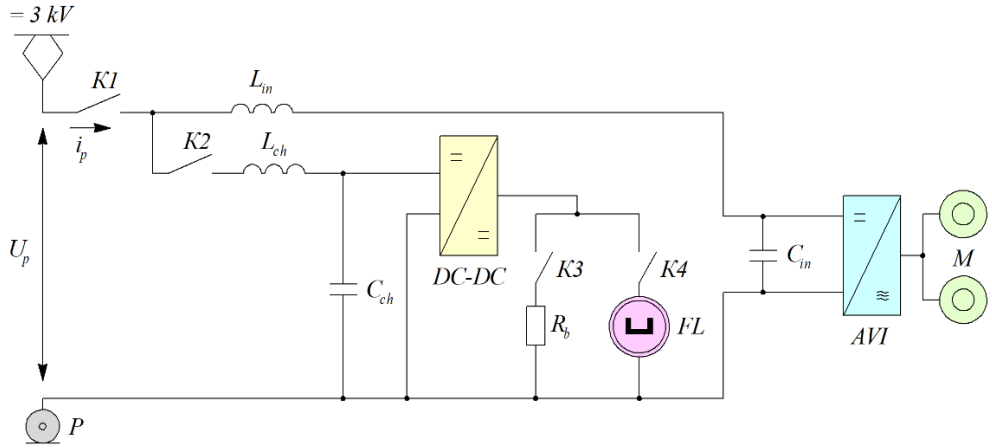


Fig. 3. Functional diagram of the traction unit:
DC-DC – step-up-step-down DC-DC converter; FL – inertial storage system; AVI – autonomous voltage inverter; M – asynchronous motors; K1...K4 – control switches; L_{in}, L_{ch}, C_{ch}, C_{in} – inductances and capacities of network filters; R_b – braking resistor; U_p, i_p – contact network voltage and current

Distribution of the flow of electrical energy to the drive and its storage occurs due to the parallel inclusion of the traction inverter and the reversing converter, which ensures two-way flow of current. It is possible to implement this with a control system that will exclude the supply of energy from the contact network to the storage device during recovery, and its outflow from the storage device to the contact network in traction mode.

The schematic diagram of the inclusion of the storage device in the traction drive of the electric rolling stock with a DC-DC converter is shown in Fig. 4.

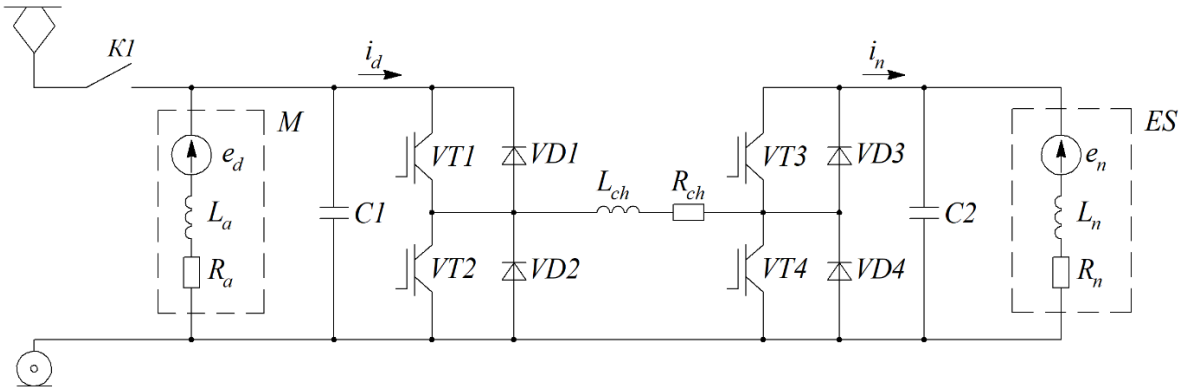


Fig. 4. Schematic diagram of connecting the storage device to the traction drive with a DC-DC converter: M – equivalent motor; ES – energy storage; VT1...VT4 – IGBT; VD1...VD4 – diodes; L_a, L_n, L_{ch} – inductances of motor, storage, DC-DC converter; R_a, R_n, R_{ch} – active resistances of motor, storage, DC-DC converter; e_d, e_n – electromotive forces of motor, storage; C1, C2 – capacitors

IGBTs *VT1...VT4* are used as controlled power switches performing high-frequency current switching. Reverse diodes *VD1...VD4* are necessary to form a circuit for current flow. The L_{ch} choke is used to store the energy obtained from the motor and then release it to the storage device with a certain switching algorithm. Capacitors *C1, C2* are used as filters.

Conclusions. The use of inertial energy accumulators on electric rolling stock makes it possible to save electricity in the power supply network. Also, an increase in the intensity of transportation is possible, which will contribute to a greater degree of competition with motor vehicles.

1. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Syniavskyi A. V., Philipjeva M. V. Use of modern technologies in the problems of automation of data collection in intellectual power supply systems. Modern engineering and innovative technologies. 2022. Issue 19. P. 38–51. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-058.

2. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Control and accounting of parameters of electricity consumption in distribution networks. 2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA). 2021. P. 114–117. DOI: 10.1109/MMA52675.2021.9610907.

3. Yan W., Wang X., Gao W., Gevorgian V. Electro-mechanical Modeling of Wind Turbine and Energy Storage Systems with Enhanced Inertial Response. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. 2020. Vol. 8, No. 5. P. 820–830. DOI: 10.35833/MPCE.2020.000272.

4. Pathak P. K., Gupta A. R. Battery Energy Storage System. 2018 4th International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT). 2018. P. 1–9. DOI: 10.1109/CIACT.2018.8480377.

5. Kondoh J., Takeshima K., Ishida Y., Satoh H. Energy balance analysis for fixed-speed flywheel energy storage system. 2016 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). 2016. P. 1–4.

6. Gao Q., Ertugrul N., Ding B. Analysis of Wave Energy Converters and Impacts of Mechanical Energy Storage on Power Characteristic and System Efficiency. 2021 31st Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC). 2021. P. 1–6. DOI: 10.1109/AUPEC52110.2021.9597825.

7. Sychev D., Tong L., Peng L., Jie W. Flywheel Energy Storage System for Rolling Applications. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2020. P. 1–5. DOI: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9112081.

UDC 338.47

LOGISTICS CONCEPTS IN THE STRATEGIC MANAGEMENT SYSTEM

Pashkevych Svetlana, Nykonchuk Viktoriia, Tkachuk Dmytro

National University of Water and Environmental Engineering

Abstract: *it is shown strategically important role of using logistics conceptions in management of modern companies. Interconnection between corporate strategy and integrated logistics has been revealed.*
Key words: *logistics management, competitive advantages, logistics strategy, corporate strategy, integrated logistics, logistics systems, logistics chains*.

The current state of logistics in Ukraine is characterized by contradictory characteristics. Against the background of a significant increase in interest in logistics from both companies and individual government institutions, there is also insufficient perception of it in society in general. Unfortunately, many company managers and officials of various ranks have a very vague idea of the potential possibilities of logistics in improving business, increasing the competitiveness of Ukrainian firms, and solving macroeconomic and social problems. There is a catastrophic lack of managers qualified in logistics, as well as publications that reveal the content of logistics in general and its individual functional areas.

Even companies that have mastered and successfully apply the concepts and methods of logistics in management practice often do not have a clear strategy for the development of logistics and are limited to solving current tasks, most often represented only by managing the movement of goods. According to experts, only about 3% of Ukrainian companies currently have a well-developed logistics strategy. This explains the fact that in the USA and Europe the share of logistics costs in the price of goods is 11–12%, and in Ukraine – up to 24% [1]. The difference in these indicators is the price for the quality of the lag in the development of logistics, the study of the implementation of the results in the Ukrainian practice of an effective logistics strategy. According to Michael Porter [2], the company should have at least one of the following strategic advantages:

- cost leadership (when the company has a significant cost advantage compared to competitors);
- differentiation (when the company offers a unique product or service that competitors do not have).

The successful construction of logistics allows the company to ensure one of them - cost leadership.

As you know, logistics means effective management of material and related information and financial flows with optimal spending of all resources to fully satisfy consumer requirements. For this, logistics encompasses and combines into a single process such diverse activities as production, information exchange, transportation, procurement and inventory management, warehousing, cargo processing, packaging, and others. Today, in Western companies, the traditional areas of application of logistics have merged together, forming a strategic innovation system. Managers who work successfully in logistics increasingly act as cross-functional coordinators of various activities both inside and outside the firm. Strategic interests encourage high-ranking logistics managers to overcome intercompany boundaries and establish effective relationships within the logistics chain. The most striking manifestation of modern logistics is that it provides a complex result due to the internal and external integration of one of the key areas of competence of any company.

Abroad, logistics has long become a practical business tool, and integrated logistics is one of the main complex functions that characterize the financial and production activities of companies. Various logistics concepts in strategic planning and ongoing management of the main areas of business have been used by leading foreign firms and multinational corporations such as IBM, Procter

& Gamble, Coca-Cola, General Motors, Ford Motors, Volvo, Toyota Motors for at least twenty years or more. G&F Industries, General Foods, Johnson & Johnson and many others.

20-30% of the gross national product of the leading industrialized countries is connected with logistics systems. As foreign experience shows, a 1% reduction in logistics costs is equivalent to almost a 10% increase in the firm's sales volume. The implementation of modern logistics management in business practice allows companies to significantly reduce all types of product stocks in production, supply and sales, accelerate the turnover of working capital, reduce the cost of production and costs in distribution, ensure the most complete satisfaction of consumers with both goods and services.

In most foreign countries, logistics associations, organizations and communities have been established and are effectively functioning. Logistics has taken a step far beyond the national borders of states.

Interstate and transnational macro-logistic systems designed to facilitate the cross-border movement of information, goods, capital, and people are actively developing. Periodically, world congresses are held. Logistics has received the most intensive development abroad in the last two decades. It was then that modern marketing and integrated logistics concepts emerged.

The domestic economy is currently going through a difficult period of finding ways out of the crisis. One of these ways, as world experience shows, is the construction of logistics systems. For Ukraine, the formation and development of logistic production, trade, transport and information systems is of primary importance, and will allow to accelerate the integration of our country into the global economic and information space. Already today, our country participates in international projects TEDIM, UNCTAD, TACOS on the creation of regional transport-logistics and telecommunications systems, a network of logistics centers in trade and transport. A number of regional programs and projects, elements of which are logistics systems, have been developed and are being implemented.

On the Ukrainian market, logistics concepts and systems in business are mainly promoted by foreign firms and enterprises with the participation of foreign capital. The vast majority of domestic companies are still wary of implementing logistics innovations. However, despite the difficult economic situation, managers of many forward-thinking companies, often intuitively feeling the potential of logistics in terms of gaining competitive advantages and strengthening their position in business or based on Western experience, seek to implement logistics concepts and systems.

The development of any business system takes place through several phases. At each stage, the system acquires some managerial experience and capital, the changes of which push the system into a new phase (Fig. 1).

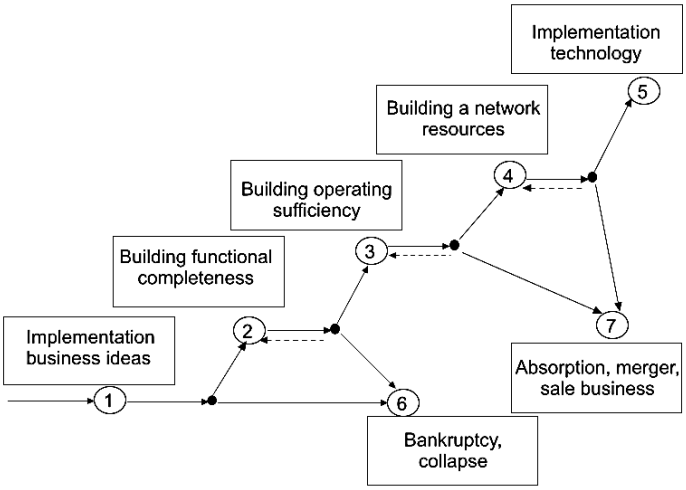


Figure 1. Phases of development of business systems [3]

First of all, the manager must realize what does not suit him in the current activity of the company and what result he wants to get. Then it is determined how this result can be achieved and what forces and means are necessary for this.

If the definition of the goal is the business of the owner or manager of the company, then qualified specialists should be involved in order to develop a way to achieve it and to identify the tasks for its implementation, as well as the necessary forces and means. Most often, in order to achieve the set goal, it is necessary to completely rebuild the structure of the organization and switch to other principles of management. It can be a very complicated and difficult process. The owner (manager) of the company must have the determination to bring the changes started to the end, otherwise the efforts and funds spent on modernization may turn out to be useless.

Based on the purpose of logistics, the logistics strategy of the company should be aimed at ensuring the implementation of the corporate strategy and at the same time solve the tasks of optimizing resources in the management of material and related flows.

It would seem that logistics strategy should be the same natural element of strategic business planning as marketing, financial, production and other types of strategy (Fig. 2). However, this is far from the case. Most often, medium-sized and small Ukrainian companies do not have a logistics or any other strategy, and in general, the concept of the company's business development for at least a few years. Analysis of the movement of goods is not carried out in these companies, and there is no need to talk about the efficiency of managing the movement of goods.

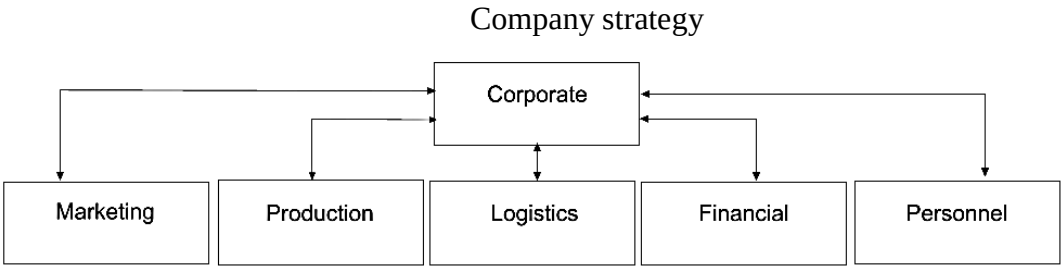


Figure 2. Relationships between strategies within the company

However, rather fierce competition on the market forces companies to restructure. Otherwise, their existence may only be a matter of time. Based on the appeals to the consulting companies involved in logistics, the awareness of this among the heads of Ukrainian companies is growing, the understanding is coming that it is almost impossible to solve many issues with the existing system of managing the movement of goods.

The main tasks that must be solved for the successful promotion of modern approaches in logistics:

• development of a logistics strategy for the organization of deliveries, warehouse operations and related operations, which is a component of the company's overall strategy;

• formation and constant improvement of the logistics chain of the movement of goods and material values within the framework of tasks and taking into account the prospects for the development of the company's activities;

• constant search for ways to optimize business processes when promoting goods and minimizing costs during transportation and warehouse operations, identifying hidden reserves of the company;

• use of modern technologies, software products and appropriate equipment.

All of the above requires highly qualified specialists, processing of large volumes of data, certain costs and some period of intense work. The effect of the introduction of process logistics management largely depends on the scale in which the company applies this methodology.

It is of great importance to determine the place of logistics management in the general structure of the company's management and areas of interaction with other areas of management.

Today, logistics management is usually perceived as a tool that allows reducing the company's overall costs for the traditional functions of purchasing material resources, inventory management, transportation, and product handling. However, there are often cases when the reduction of the company's total logistics costs is achieved at the expense of increasing conflicts between logistics personnel and other functional areas of the business. The traditional division of functional responsibilities and the separation of management and control levels in certain organizational structures of the firm inevitably leads to the emergence of conflict situations, the smoothing of which should be one of the tasks of the integrated logistics staff.

Thus, logistics has an active integrating potential, capable of linking together and improving interaction between such basic corporate functional areas as supply, production, marketing, distribution, and sales organization.

1. Semenov A. Logistics strategy of the company - phased creativity / A. Semenov // Loginfo. – 2007.– No. 1–2.

2. Porter M. Competitive advantage /M. Porter. - K., 2005. - 654 p.

3. Kadiev Timur. Synthesis of processes and their organization / Timur Kadyev. - K., 2004.

RAILWAY REFORM IN UKRAINE AND THE ROLE OF THE PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN IT

Valentyna Puzikova

Institute für Wirschaftspolitik, Leibniz Universität Hannover
(Institute of the Economic Policy, Leibniz University Hannover)

PPP – the equal and mutually beneficial long-term cooperation between the state, municipalites and the private sector within the framework of the implementation of projects aimed at solving important socio-economic needs. In the process of implementation, the resources of parties are combined with the appropriate distribution of risks, responsibilities and reimbursements between the parties in order to mutually beneficial cooperation in the construction and modernization of existing facilities that require investment and use. Using the PPP, the private sector finances the construction of the project and the reimbursement is made either through a services tax from the authority provided in time or through project revenues or it is a combination between the two concepts. Therefore, it is very important to elaborate an investment analysis (especially, cost-benefit studies) as initial part in the preparation of a project [3].

The Ukrainian transport industry requires proper modernization, enhancing competitiveness and adapting to European standards. Much of the rolling stock is worn down and the operational processes of UZ, a state-owned railway company, require meaningful changes. In order to position UZ more growth, we should solve the main questions: 1) real elimination UZ's monopoly on traction, not declarative: 2) development of the railway infrastructure and 3) investments. Public-private partnership (PPP) can be the efficient instrument to achieve these goals, as it shown us by European countries, including rolling stock manufacturing and the delivery of freight [1, 2].

Nowadays, government's efforts to reform the railway sector are focused on the four main topics: 1) improving and harmonizing Ukrainian legislation with the EU norms; 2) restructuring of Ukrzaliznytsia JSC; 3) upgrading the rolling stock, allowing the use of private locomotives and developing railway routes; 4) implementing the European railway safety standards. The Government has approved Drive Ukraine 2030, the National Transport Strategy to 2030. In April 2021, the Government has endorsed the order "On approval of the Action Plan for the implementation of the National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030".

The first stage of the reform, which involved merger of the assets of 6 railways and about 40 enterprises into the Ukrzaliznytsia public joint-stock company (PJSC Ukrzaliznytsia), was generally successful. The question, that should decided during the second stage of the reform in the end of 2016 – real implementation of the creation two-separated companies (a sort of blueprint for the Ukrzaliznytsia Cargo Company and Passenger Company) is open. In order to position UZ more growth, we should solve the main questions: 1) real elimination UZ's monopoly on traction, not declarative: 2) development of the railway infrastructure and 3) investments.

As railways connect with roads, sea (river), air networks and ports, they create opportunity with important element how people will be able to use it. The perspective way of the PPP development in infrastructure projects, from author's point of view, is a corporative way – legal entity based on the institutional nature with the state majority in ownership, according to which the interaction of the public and private sectors takes place within a certain structure and can realise through creation transport cluster or transport hub. The need is to factor in the network effect, across the whole transport system of any individual addition by connection different transport and door-to-door connection. It is important to preservative of the right of state ownership of strategic objects of the infrastructure of railway transport in view of the presence of regulatory, immigration bodies in railway complexes and the performance of certain state functions and protection of public interests by railways. Than is important to agree and join this idea with existence Laws and Codes or change them and with international documents.

In international practice, there are a huge number of types of forms of public-private partnership and cooperation. For the following development of transport sphere, in particular railway, we need chose the best variant of PPP for UZ, pay enough attention to all particulars of it. Public private partnerships is important for the construction and operation of infrastructure, especially for railways and transport ports. In world practice, there are two common forms of PPP, namely contractual (which is provided for in Ukraine‘s legislation) and corporate (not used in Ukraine). The most cost-effective is the organizational and legal form – institutional or corporate. It does not exclude the contractual nature of relations between partners- it is based on an agreement on joint activities / contract of a simple company, which is considered the prototype of modern commercial organizations, primarily economic societies. But, in Ukraine, at this moment, the law of PPP stipulates that projects be only implemented in the form of a contract. At the same time, in certain European countries, there are no such restrictions. In most cases, a special structure is created in the form of a legal entity with the participation of a public and private partner, in some cases also with the participation of third parties - certain financial institutions. Within the framework of this association, it is possible to achieve maximum organizational structure and openness during operations by concluding relevant contracts.

1. Deterioration oft he locomotive fleet of Ukrzaliznytsia reaches 97% , 22.02.2022, Deterioration of the locomotive fleet of Ukrzaliznytsia reaches 97% - RWS (railway.supply)

2. Study oft he current state oft he inventory fleet of passenger cars of JSC Ukrzaliznytsya, N.V.Lupitko, December 2020 - STUDY OF THE CURRENT STATE OF THE INVENTORY FLEET OF PASSENGER CARS OF JSC "UKRZALIZNYTSYA" (researchgate.net)

3. A Guidebook on Public-Private partership in Infrastructure, ESCAP, UN, 2011- ppp_guidebook.pdf (unescap.org)

THE ADVANTAGES OF THE RAILWAY TRANSPORT AND ITS INFRASTRUCTURE IN UKRAINE BEFORE WAR 2022

Valentyna Puzikova

Institute für Wirschaftspolitik, Leibniz Universität Hannover
(Institute of the Economic Policy, Leibniz University Hannover)

Integration Ukraine to the European countries requires the development of economy and increase in the freight transportation. The requirements on complexity of services, observance of delivery date and safety of freight transportation are constantly increased. Transport system plays a great role in the economic growth by the trade relationship, export-import relationship, involved in the ensuring cycles of commodity and money circulation of the Ukraine economy. It is an independent component of each of the spheres of social reproduction: production, distribution, exchange and consumption. The transportation by the railway transport is more advantageous for longer distance, than other kinds of transport [1].

Nowadays, Ukrainian Railways (Ukrainian: ZU- Ukrzaliznytsia) is a state-owned joint-stock company of rail transport in Ukraine, a monopoly that controls the vast majority of the railroad transportation in the country. Ukrzaliznytsia is the leader in the transport and logistics market of Ukraine, where it provides the bulk of freight and passenger traffic [2].

The railway transport has certain advantages, if we compare it with other kinds of transport. The railway's steel tracks can take heavy axle load about in 3 to 4 times heavier, than general road. If we compare railway transport and air transport, we can see that the air transport is the costliest system of transport and cannot take so heavy cargo like railway and in such quantity, as railway can [3, 4].

In order to have clear insight of railways and its advantages we tried develop SWOT analyze (Table). Table, we have tried to understand strong and weak sides of railways and its perspectives and risks by SWOT analysis: the process of the identification core competencies, identification weakness, exploring opportunities, recognizing potential treats. That is important for strategic planning method during realizing National Transport Strategy of Ukraine until 2030 (Drive Ukraine 2030), reforming of UZ, is a process where we tried to identify the internal and external factors that will affect its future performance. We use methodology by asking questions and answering the group of similar questions for each of the four components:

- Strengths (What railway transport do particularly well, relative other kinds of transports and why, what are its advantages and benefits, what railway can propose, what resources do the railway has, is its brand and reputation strong and etc.),
- Weakness (What do other kinds of transport better and why, what generates the most customer dissatisfaction and complaints, what process and activities railway can improve),
- Opportunities (How railway can apply its strengths, how are railway customers and their needs changing, how is technology changing railway, investment and how to attract it)
- Threats (Are customers able to meet their needs with alternative kinds of transports, what are other transport developing and improving, what are new technologies they used).

Actual questions are development of modern control systems on the railway, modernization of electrical centralization and dispatching systems, satellite navigation, application of mobile radio and wireless access technologies on rail transport, improvement of automation systems, telemechanic and connections. Important to digitalize the railway network, develop it into an interactive platform for interaction between the manufacturer and the consumer of the transport service, which will reduce costs and increase the predictability of the transportation process.

Table

SWOT ANALYSE OF RAILWAY TRANSPORT IN UKRAINE BEFORE WAR

Strenghts	**Weakness**
-safety, long distance and high speeds, spread railway network; -large capacity and possibility to add wagons or carriage for increasing handling; - capacity to transport military goods- defense function, - capacity to transportation of heavy, bulk cargo with low and almost zero costs for loading and uploading; saving costs for packing; - cheap fares; -transportation and travelling without congestions; saving efforts and costs; - free space on the wagon or on the carriage for the business purposes and advertisements; - possibility for people with disability or large staff or car etc.,	-old and morally obsolete, technically worn railway infrastructure and rail network infrastructures, shortage and old railway cars; - using old technology and old technology process inefficiency of the railways transport: poor traffic distribution, empty runs; -high maintenance cost of railway infrastructure; -low train flexibility: impossible using delivery from door to door; shortage of transport hub to combine railways with other transportation; - technique and logistic delays; -not enough level of security during transportation: pilferages and breakages; -air and sound pollution (engines sound, steel wheels running friction etc.); -old and bad air-conditioning system; -poor digital development;
Opportunities	**Threats**
- long rail network stretches; - wide railway infrastructure for building and renovating high performance railways and its infrastructures, developing transport hubs with online logistics system; - innovations and improving technologies and its processes; - using for power trains overhead by electric wire or alternative modern technology (for example magnet force); - possibility for rent the free space on carriage or on the wagon for commerce purpose; - Heavy industry factories in Ukraine for possibility building wagons in Ukraine.	-losing freight market; passengers transportation is unprofitable; -monopolize Ukrzaliznytsya and big level of corruption; political risks; - management is more postsoviet,is not oriented on PPP; - Technical and operational challenges of railway infrastructures (track is 1520 vs. 1435 European etc.); - old technology without innovation; - cheap fares;

Source: own presentation

1. Models of Transportation: Difference beween Railway Transport and Road Transport, 2019, Modes of Transportation: Difference between Railway Transport and Road Transport - Cement Concrete

2. Rail transport in Ukraine, 08.08.2021, CEST, WIKIFOX- Rail transport in Ukraine - wikifox.org

3. Railways Restructuring and Ukrainian Economic Reform, Russell Pittman, 21.04.2015- Railways Restructuring and Ukrainian Economic Reform (degruyter.com)

4. Does Ukraine need Eorotrack, Vasylyj Melnik 13.07.2020- https://biz.censor.net/resonance/3207651/nujna_li_ukraine_evrokoleya https://ampbiz.censor.net/resonance/3207651/nujna_li_ukraine_evrokoleya

УДК 656.183

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MICROMOBILITY IN UKRAINIANE CITIES

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МІКРОМОБІЛЬНОСТІ У МІСТАХ УКРАЇНИ

Боцман Анастасія

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002

Систематичні транспортні затори, забруднення повітря шкідливими речовинами, що містяться у відпрацьованих газах автомобілів залишаються одними з найгостріших транспортних проблем для міського середовища. Ці проблеми на фоні зростання купівельної спроможності населення, притоку нових мешканців у міста, розвитку технологій та сфери послуг, трендів на екологічність та електрифікацію, підштовхнули користувачів до пошуку нових альтернативних способів пересування. Мікромобільність (велосипеди, самокати, електровелосипеди, електросамокати, сігвеї, гіроборди тощо) стала одним із вирішенням цього питання, маючи значний потенціал у створенні сталої міської мобільності.

Сектор мікромобільності увійшов на ринок послуг мобільності доволі стрімко, так само, як і набув свого активного зростання. Сервіси громадського прокату електровелосипедів і електросамокатів знайшли широке використання серед користувачів. Так, кількість пересувань здійснених засобами мікромобільності у 2019 році у США зросла на 60% [1]. У цей же рік, кількість запитів у Google Trends слова «micromobility» збільшилась вдесятеро у порівнянні з попереднім роком [2]. Найчастіше такий запит робили мешканці Нової Зеландії та Норвегії, потім Швеції, Нідерландів, Малайзії. Наступним поштовхом у розвитку мікромобільності став період світової пандемії COVID-19, коли велосипеди та самокати стали найкращою альтернативою громадському транспорту, в якому необхідно контактувати із людьми та дотримуватись фізичної дистанції.

Інтеграція мікромобільності в транспортну систему міста в першу чергу дозволяє покращити доступність. Користувачі матимуть можливість здійснювати поїздки на короткі відстані замінюючи автомобільні поїздки, а також поїздки до/від зупинок громадського транспорту. Дані досліджень [1, 3] свідчать, що середня тривалість поїздок з використанням засобів мікромобільності у великих американських та європейських містах становить 11-12 хвилин на відстань 1-3 км. Втім, майже половина (48%) пересувань на автомобілі у найбільш завантажених містах США здійснюються на відстань 4,8 км. Замінюючи ці пересування засобами мікромобільності, міста мають можливість не тільки покращити доступність, а як наслідок, зменшити затори та викиди шкідливих речовин. Інтеграція сумісного використання велосипедів та самокатів із громадським транспортом може збільшити кількість мультимодальних пересувань.

Розвиток мікромобільності в містах потребує врахування декількох аспектів, які за належного планування не матимуть негативних наслідків, щодо створення дискомфорту іншим користувачам транспортної системи та мешканцям міста. Серед цих аспектів слід виокремити екологічність електротранспорту, організованість простору та безпечність міського середовища. Розробка та експлуатація електровелосипедів чи електросамокатів несе за собою певний вуглецевий слід, тому виробники мають бути зацікавлені в покращенні апаратного забезпечення, зниження показників життєвого циклу викидів та підвищення експлуатаційної стійкості завдяки застосування прогресивних технологій. Сумісне використання тротуарів пішоходами та користувачами засобів мікромобільності створює потенційні конфлікти між ними. Рух у потоці автомобільного транспорту наражає їх на

небезпеку і може призвести до дорожньо-транспортних пригод. Хаотичність паркуванння захаращує та загороджує громадські місця. Вирішення зазначеного кола питань має виконуватись на рівні міської влади.

За даними Deloitte City Mobility Index рівень користування засобами мікромобільності [4]. Безперечним лідером серед використання велосипедів і самокатів є Амстердам з рівнем користування 30%. Причиною такої позитивної тенденції користування засобами мікромобільності в Нідерландах стала довготривала політика планування та регулювання велосипедного руху. Міста Азії, Токіо та Шанхай, мають також доволі високий рівень користування (16-17%) через значну щільність населення (більше 6,5 тис.осіб/км^2), а отже і близькість місць тяжіння. Менш розвинутими у сфері мікромобільності є Туреччина, США, Саудівська Аравія, Канада, Австралія. Результати розподілу пересувань за видами транспорту представлені на рис. 1.

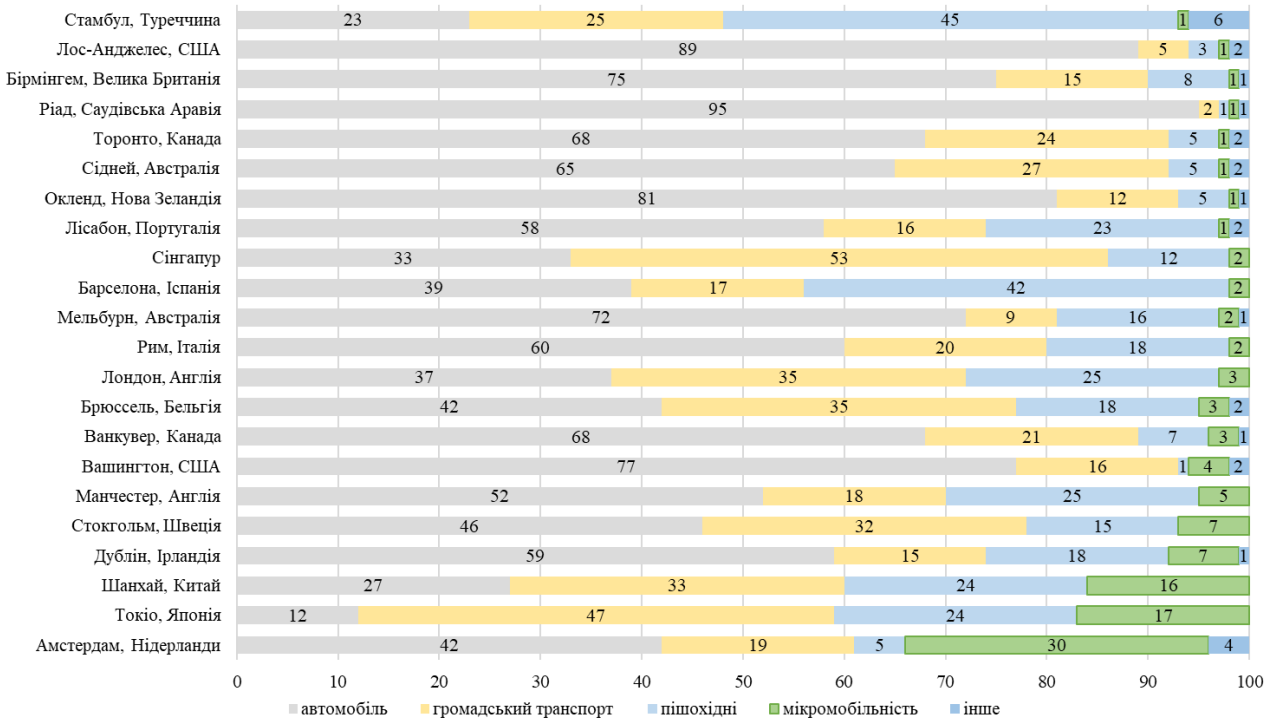


Рис. 1. Розподіл пересувань за видами транспорту у містах світу за 2020 рік (за даними Deloitte City Mobility Index)

Порівнюючи ці дані з аналогічними для міст України [5] (рис. 2), можна зробити висновок, що рівень розвитку мікромобільності в Україні є недостатнім.

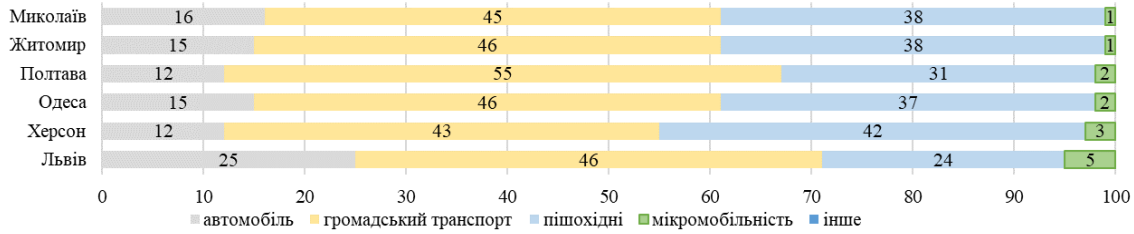


Рис. 2. Розподіл пересувань за видами транспорту у містах України за 2018 рік (за даними Egis)

За результатами досліджень громадської організації U-Cycle щодо кількості користувачів засобів мікромобільності, що проводились у Києві восени 2020 року, кількість користувачів самокатів, гіробордів та моноколіс у чотири рази менша ніж велосипедистів [6]. Втім, за ці два роки пропозиція на ринку прокату засобів мікромобільності збільшилась, ймовірно і кількість користувачів теж зросла.

Вплив на обсяги пересувань має також рівень забезпечення вулично-дорожньої мережі велосипедною інфраструктурою, який визначається протяжністю велосмуг/велодоріжок, їх щільністю на 1 км^2 території міста, кількістю станцій прокату та кількістю та ємністю парковок для засобів мікромобільності тощо. Відомості громадської організації ЦЕІД про протяжність веломережі в різних містах України [7] та дані щодо їх площі дали змогу визначити її щільність. Найкраще покриття велоінфраструктурою має Львів, а найгірше Дніпро (не враховуючі міста де ця інфраструктура взагалі відсутня) (табл. 1).

Таблиця 1

Щільність веломережі в містах України

Місто	Протяжність, км	Площа, км^2	Щільність мережі, км/км^2	Місто	Протяжність, км	Площа, км^2	Щільність мережі, км/км^2
Львів	105,5	149	0,708	Хмельницький	5,8	90	0,064
Вінниця	70	113,2	0,618	Харків	21	350	0,060
Чернігів	32,6	79	0,413	Житомир	3,3	65	0,051
Івано-Франківськ	17,5	83,73	0,209	Рівне	2,4	63	0,038
Луцьк	6,6	42	0,157	Одеса	5,8	162,4	0,036
Суми	14,3	95,39	0,150	Черкаси	2,7	78	0,035
Тернопіль	8,6	72	0,119	Запоріжжя	5,6	334	0,017
Київ	91,5	839	0,109	Полтава	1,5	103	0,015
Чернівці	15	153	0,098	Дніпро	3,5	409,7	0,009
Ужгород	3	40	0,075				

Результати опитування щодо мікромобільності в країні проведеного в 2021 році в рамках Проєкту EU4Climate [8] показали, що засоби мікромобільності більшістю українців сприймаються як швидкі, мобільні, маневрені (у випадку об'їзду заторів) та такі, що не залежать від громадського транспорту способи пересування. Невелика кількість опитаних відзначила позитивний вплив застосування засобів мікромобільності на здоров'я, згадали також чинники економії коштів, комфорту та екологічності. Основною перешкодою розвитку цих засобів є відсутність, недостатність або погана якість інфраструктури, що підтверджується наявними значеннями щільності веломережі. Серед недоліків згадано також відсутність законодавчого регулювання, загрозу безпеці через надмірну швидкість автомобільного потоку, відсутність пріоритету та хаотичність паркування.

Отже, основою формування системи мікромобільності у міському середовищі є планування її інфраструктури, а саме: велодоріжок, смуг руху, станцій прокату та зарядки, велосипедних парковок тощо. Формування інфраструктури має виконуватись виходячи з принципів прямолінійності сполучень, доступності (близькість розташування до місць тяжіння), зв'язності мережі, інтеграції з громадським транспортом, безпеки та пріоритизації руху.

Обґрунтування рішень щодо розвитку мікромобільності має виконуватись на підставі застосування інструментарію транспортного моделювання та враховувати активні прямі та зворотні зв'язки між елементами транспортної системи міста. Застосування транспортного моделювання дає змогу проаналізувати можливі наслідки впровадження заходів з розвитку мікромобільності, провести їх порівняльний аналіз з метою вибору найбільш доцільних. Під

час розробки транспортної моделі мають бути враховані поведінкові аспекти формування попиту на користування засобами мікромобільності та значущі чинники, що їх зумовлюють. До таких факторів можна віднести наявність інфраструктури (доступність, наявність велопарковок чи місця для зберігання транспорту вдома), її зв'язність, прямолінійність сполучень, безпеку пересування (відокремленість руху від основного транспортного потоку), погодні умови (дощ, мінусова температура), швидкість пересування. Також мають бути враховані й соціальні фактори, такі як: вік, стать, рівень доходу, кількість дітей в сім'ї тощо. Вподобання щодо користування засобами мікромобільності можуть бути встановлені на підставі проведення он-лайн або оф-лайн опитувань (анкетувань). Під час транспортного моделювання вподобання користувачів транспортної системи формалізуються у вигляді функції корисності, що є комплексною характеристикою умов пересування із застосуванням засобів мікромобільності.

Використання транспортного моделювання під час планування заходів розвитку інфраструктури для засобів мікромобільності повинно ґрунтуватись на даних потенційного попиту для оцінки максимально можливого ефекту від їх реалізації. Завдання встановлення можливого попиту може бути визначено на основі застосування відповідних критеріїв доцільності використання засобів мікромобільності для здійснення пересувань. До одиничних критеріїв доцільності використання цих засобів в залежності від мети поїздки (трудові, рекреаційні, культурно-побутові) слід віднести: відстань пересування, доступність до станцій прокату, тривалість поїздки, вартість користування та фізичне навантаження. Наслідки впровадження заходів з розвитку інфраструктури можуть бути оцінені в контексті соціально-економічної, екологічної та енергетичної ефективності на основі отриманих результатів щодо скорочення пробігу та затримок моторизованого транспорту за рахунок збільшення частки використання засобів мікромобільності.

Таким чином, розвиток мікромобільності є перспективним напрямком вирішення транспортних проблем багатьох міст України. Створення міського середовища, де мікромобільність є конкурентоспроможною альтернативою моторизованим видам транспорту, в першу чергу, має враховувати вимоги користувачів транспортної системи. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення факторів, що обумовлюють користування засобами мікромобільності, а також на визначення впливу інфраструктурних рішень на рівень використання засобів мікромобільності, перерозподіл пересувань за видами транспорту та ефективність функціонування транспортної системи міста в цілому.

1. NACTO. Shared Micromobility in the US: 2018. National Association of City Transportation Officials, 2019, С. 23. Режим доступу: https://nacto.org/shared-micromobility-2019/

2. Google Trends: micromobility. Режим доступу: https://trends.google.com.ua/trends/explore?q=micromobility

3. 6-t. Usages et usagers de services de trottinettes électriques en freefloating en France, bureau de recherche, 2019, С. 168. https://6-t.co/trottinettes-freefloating/

4. Deloitte City Mobility Index. Режим доступу: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/future-of-mobility/deloitte-urban-mobility-index-for-cities.html

5. Egis. План сталої міської мобільності: Сучасні політики у сфері міської мобільності, 2019, С. 27. Режим доступу: https://citytransua.com/wp-content/

6. U-Cycle. Звіт про підрахунок велосипедистів у Києві (осінь 2020). Режим доступу: https://u-cycle.org.ua/articles/pidrakhunok-osin-2020/

7. Мікромобільність підійшла до України. Режим доступу: https://blog.liga.net/user/vsamoilenko/article/36936

8. Програма розвитку ООН в Україні: Біла книга мікромобільності, 2021, С. 39. Режим доступу: https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/

УДК 656.13

MICROTRANSPORTATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE TRANSPORT DEVELOPMENT

МІКРОПЕРЕВЕЗЕННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ

Вовк Ярослав, Ляшук Олег, Вовк Юрій

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна

Метою дослідження є визначення ролі автомобільних мікроперевезень в контексті сталого розвитку транспорту. Керуючись стратегіями розвитку транспортної системи ЄС та України, концепцією сталого розвитку, в дослідженні запропоновано втілити у життя систему мікроперевезень. Обґрунтовано необхідність розроблення системи паратранзитних та мікроперевезень в Україні.

The purpose of the study is to determine the role of automobile microtransportation in the context of sustainable transport development. Guided by the strategies for the development of the transport system of the EU and Ukraine, the concept of sustainable development, the study proposed to implement the microtransportation system. The need to develop a system of paratransit and microtransportation in Ukraine is substantiated.

Сталий розвиток транспорту набуває актуальності в першу чергу унаслідок розуміння суспільством значення негативного впливу автомобільного транспорту безпосередньо на людське життя та навколишнє середовище. Стратегія розвитку транспорту ЄС [1], Стратегія сталої та розумної мобільності ЄС [2], Стала мобільність для Європи: безпечна, підключена та чиста [3], оновлена Транспортна стратегія України [4] та запити суспільства на підвищення якості життя ставлять цілий ряд завдань перед самим суспільством, підприємницькими структурами, державними та місцевими органами влади, громадськими організаціями. Серед них слід виділити: безпечність, екологічність, зручність, енергоефективність, доступність транспорту .

Відповідно до Стратегії сталої та розумної мобільності ЄС існує категорія: Мобільність, стійка до криз – більш стійка до катастроф єдина європейська транспортна система для інклюзивного зв’язку [2].

Один з напрямів стратегії: Зробити мобільність справедливою для кожного.

Заходи у цьому напрямі прагнуть забезпечити доступну й інклюзивну мобільність для усіх людей, зокрема, маломобільних та з інвалідністю. Ставиться вимога захищати права пасажирів усіх видів транспорту.

Нові та безпечніші форми мобільності також можуть йти рука об руку з покращеним доступом до мобільності для всіх членів суспільства, зокрема для інвалідів та зростаючої частки людей похилого віку. Це свідчить про те, що потрібен посилений підхід до впровадження політики ЄС щодо безпеки дорожнього руху та транспортних засобів із сильним акцентом на впливі та результатах, достатньо гнучким для постійної адаптації до мінливих обставин та інклюзивним [3].

Слід відмітити, що актуальними для України стають саме паратранзитні та мікроперевезення. Кількість населення пенсійного віку зростає, внаслідок війни різко зросте число громадян маломобільних та з інвалідністю. Тому громадянське суспільство зобов’язано бути відповідальним перед своїми громадянами.

Заслуговує уваги досвід розвинутих країн. Зокрема, США, де паратранзитні перевезення набули значного поширення у великих містах та містах з слаборозвиненою інфраструктурою громадського транспорту. Відповідно до Закону про реабілітацію 1973 року, стаття 504

забороняла виключати інвалідів з "будь-якої програми чи діяльності, що отримують федеральну фінансову допомогу". У Розділі 49, частина 37 (49 CFR 37) Кодекс федеральних правил, Федеральна адміністрація транзиту визначені вимоги щодо забезпечення доступності автобусів або надання додаткових послуг з паратранзиту в зонах обслуговування громадського транспорту. Очікувалося, що послуги паратранзиту не будуть активно використовуватися, що робить гнучку систему малих транспортних засобів менш дешевою альтернативою доступності, ніж варіанти з більшими транспортними засобами фіксованого маршруту. Однак це виявилося не так.

Аналіз засвідчує, що значна кількість громадян потребуватиме у післявоєнний час перевезень для задоволення потреб у оздоровленні та туризмі, проте фінансові можливості та наслідки війни сприятимуть саме коротким за відстанню перевезеннями.

Інтелектуальні транспортні системи також можуть бути використані на всіх рівнях транспортних систем як основа для сталого розвитку міст, регіонів, держав, континентів. Згідно з дослідженням, існуючі інтелектуальні транспортні системи не тільки забезпечують значне скорочення викидів парникових газів, економію палива, скорочення часу в дорозі, але й не маргіналізують мобільність громадян. Таким чином, подальший розвиток та впровадження сучасних транспортних інноваційних технологій дозволить гарантувати сталий розвиток усього суспільства [5].

Наприклад, у рамках окремого міста, необхідно створити мобільний додаток і сторінку в мережі Інтернет для замовлення мікроперевезень, паратранзитних послуг, створення розкладів для водіїв, планування маршрутів, які допоможуть громадському транспорту забезпечити потреби пасажирів у післявоєнний час та суттєво зменшити викиди в атмосферу через зменшення кількості приватних автомобілів на дорогах міста. Основним завданням транспортних мереж є збільшити кількість пасажирів громадського транспорту і заповнити недоліки їхніх систем, щоб малозабезпечені пасажири і люди із фізичними обмеженнями мали доступ до громадського транспорту, до участі в житті громади, оздоровлення тощо. Слід розглянути можливість створення віртуальних автобусних зупинок, щоб збільшити ефективність транспортної системи: це дозволить висаджувати пасажирів за квартал від їхнього кінцевого місця призначення для того, щоб перевозити більше людей за коротший час.

Транспортні послуги необхідно скорегувати відповідно до запитів суспільства та гармонізувати відповідно до законодавства. Також, у свою чергу, саме законодавчі норми слід привести у відповідність до Транспортної стратегії України, Стратегія розвитку транспорту ЄС та Стратегія сталої та розумної мобільності ЄС, оскільки, головним вектором руху України є рух до Європейського Союзу.

1. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future. 2020.

2. Разом до сталої і розумної мобільності: Що таке Стратегія сталої і розумної мобільності ЄС та як її можна застосовувати в Україні – Екодія [Electronic resource]. URL: https://ecoaction.org.ua/razom-do-staloi-mobilnosti.html (accessed: 24.09.2022).

3. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions Europe on the move. Sustainable Mobility for Europe: safe, connected, and clean. 2018.

4. Міністерство інфраструктури - проекти [Electronic resource]. URL: https://mtu.gov.ua/files/projects/str.html (accessed: 24.09.2022).

5. Vovk Y. Resource-efficient intelligent transportation systems as a basis for sustainable development. Overview of initiatives and strategies // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. 2016. Vol. 1, № 1. P. 6–10.

УДК 629.4.083:629.463

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PRODUCTION PROCESSES FOR REPAIRING WAGONS BY METHODS OF PRODUCTION LOGISTICS

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ВАГОНІВ МЕТОДАМИ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ

Волошин Дмитро, Волошина Людмила

Український державний університет залізничного транспорту
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Сучасний стан залізничного транспорту України потребує проведення корінних трансформацій в області управління та організації виробничих процесів на всіх рівнях функціонування. В першу чергу це пов'язано з достатньо негативними тенденціями в міжнародному економічному просторі, що напряму впливає на собівартість ремонту вагонів і вартість утримання основних фондів підприємств. До того ж існує проблема зниження темпів розвитку виробничих систем з ремонту вагонів порівняно з аналогічними підприємствами інших розвинених держав.

Основна науково-практична задача удосконалення виробничої діяльності вагоноремонтних підприємств полягає у впровадженні прогресивних методів та підходів до організації виробництва, що гарантують контроль мінімізації витрат на всіх етапах ремонту вагонів. При цьому необхідно забезпечити збереження основних вимог до забезпечення якості кінцевої продукції та техніко-економічних параметрів вагонів.

За останні роки найбільш дієвою методологією раціонального використання ресурсів у промисловості розвинених держав стала технологія формування виробничих систем на основі застосування логістичних принципів [1, 2]. Так, використання вказаних підходів дозволяє з одного боку створити механізм постійного управління процесом мінімізації витрат, з іншого – підвищити досконалість всіх структурних елементів виробничого процесу.

Принциповими відмінностями „логістичного" підходу від „традиційного" є:

- об'єднання розрізнених матеріальних потоків вагоноремонтного підприємства у єдиний загальний наскрізний матеріальний потік (рис. 1);
- виділення єдиної функції управління наскрізним матеріальним потоком;
- комплексна інтеграція постачальницької, виробничої, збутової, транспортної, інформаційної і фінансової служб (функцій, логістик, ланок) вагоноремонтного підприємства.

Рис.1. Виробнича система з логістичної точки зору

При такому підході не виникає нівелювання існуючої структури виробничих систем. Навпаки, основна задача виробничої логістики – привести систему в новий стан рівноваги, при якому її функціонування буде найбільш збалансованим у стохастичних техніко-економічних умовах. Поступово спостерігається перехід від так званих «виштовхуючих» виробництв (табл. 1), які характерні для масового та крупносерійного виробництва, до «витягуючих», які за своєю основою більш гнучкі та адаптовані.

Таблиця 1 – Характеристика систем «виштовхуючого» типу

Основна характеристика	**Особливості системи**	**Механізми створення надмірності**	**Наслідки створення надмірності**
Максимальне завантаження фондів підприємства	- Високий рівень незавершеного виробництва; - Значне зв'язування обортних коштів	- Планування підвищених термінів робіт; - Використання випереджаючого графіку робіт; - Створення резервів матеріалів	- Відсутність можливості виявлення «вузьких» місць; - Консервація низького рівня техніко-економічної ефективності

Системи «витягуючого» типу дозволяють провести синхронізацію всіх виробничих елементів з динамікою основного виробництва, виключити з виробничої системи всі види надмірностей і максимально знизити витрати ресурсів. Як правило, при цьому спостерігається перехід до системи «бережливого» виробництва (рис. 2).

Рис.2. Контроль втрат в системах «бережливого» виробництва

Система «бережливого виробництва» базується на комплексі практичних методів оптимізації виробництва, до інструментарію яких входять:

- система «TPM» (Total Productive Maintenance) – всебічний контроль за технологічним оснащенням;
- система «5S» (сортування, порядок, чистота, стандартизація, удосконалення);
- система «SMED» (Single-Minute Exchange of Dies) – набір теоретичних і практичних методів, що дозволяють скоротити час операцій налагодження і переналагодження технологічного обладнання;
- система «Точно-в-строк», «витягуюче виробництво», «Канбан» – система синхронізації передачі виробу з однієї виробничої стадії на іншу за допомогою спеціального інструменту (карток, заявок та ін.) Комплектуючі повинні передаватися на наступну стадію тільки тоді, коли це потрібно, і ні хвилиною раніше;

- система «Кайдзен» (kaizen) – безперервне удосконалення виробничого процесу та ін.

Для забезпечення комплексного управління виробничою системою, що побудована за логістичними принципами, існує можливість використання допоміжних методів контролю. Так, інструментарій теорії виробничих ризиків з огляду на досконалість технологічної системи виробництва дає змогу значно підвищити технічний рівень підприємств з ремонту вагонів [3]. Дослідження динамічної стійкості системи дає змогу проводити аналіз можливих станів системи з метою визначення точок біфуркації, в яких виникає збудження системи та зміна її параметрів [4].

Застосування методів виробничої логістики при формуванні та модернізації виробничих систем з ремонту вагонів дозволяє створити гнучке виробництво, яке здатне адаптуватися до постійних змін і відповідати сучасним організаційним вимогам.

1. Денисенко М. П. Організація та проектування логістичних систем. Підручник / за ред. проф. М. П. Денисенка, проф. П. Р. Лековця, проф. Л. І. Михайлової. К.: Центр учбової літератури, 2010. 336 с.

2. Волошин Д. І. Застосування принципів виробничої логістики для удосконалення системи ремонту обладнання в умовах ВРП. Збірник наукових праць VII-ї міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспорту і логістики» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 28 квітня 2017, с. 67–69.

3. Волошин Д.І., Волошина Л.В. Управління виробничими ризиками в технологічних системах вагоноремонтних підприємств. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». Вип. 39. К.: ДУІТ, 2022. 22-29 с. DOI:10.32703/2617-9040-2022-39-3

4. Волошин Д.І., Волошина Л.В. Підвищення динамічної стійкості підприємств транспортної інфраструктури // III Міжнародна науково-практична морська конференція кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету. Квітень 2021. http://2021.depas.od.ua/, https://drive.google.com/file/d/1O7Zwwr0HRnmHiY1MlnCFs-zaZxxMc64p/view

УДК 656.13.681.3

IMPLEMENTATION OF THE "KANBAN" MICROLOGISTICS SYSTEM AT LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES

ВПРОВАДЖЕННЯ МІКРОЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ «KANBAN» НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Голотюк Вікторія

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033

Пахаренко Володимир

Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Виробнича логістика є однією з функціональних областей логістики, що досліджує процеси, які відбуваються в сфері матеріального виробництва. Концепції інтегрованої логістики розглядають процес виробництва, як один із складових процесів на етапі просування матеріалопотоків від постачальника до споживача, і тому вивчення виробничих процесів займає в логістиці одне з провідних місць.

Питання організації внутрішньозаводського транспортування набуває щораз більшого значення з погляду раціоналізації процесу виробництва та дистрибуції, оскільки будь-який матеріал чи товар може володіти певною цінністю тільки у тому випадку, якщо він знаходиться у потрібному місці у відповідний час. Тому процес транспортування слід трактувати не лише як відокремлену, зорієнтовану на певний об’єкт дію, а як процес, пов’язаний із реалізацією конкретної функції, а також із виробничою системою. Системний погляд на процес внутрішньозаводського транспортування дає змогу провести раціоналізацію простих транспортних систем [1] та формування тісних взаємозв’язків у інтегрованих виробничо-дистрибуційних ланцюгах.

Транспортування є необхідним елементом інтеграції матеріальних потоків, які вимагають координації та взаємного пристосування значної кількості параметрів по усій довжині логістичного ланцюга. Крім того, з технічними системами, які реалізують фізичні матеріальні переміщення в транспортній сфері транспорту, інтегрально пов’язаними є інформаційні та потоки рішень.

Системи транспортування вимагають чіткої організації. Організація транспортування повинна бути пристосована до специфіки даного підприємства, крім того вона повинна також забезпечувати безпечне та надійне переміщення вантажів за мінімальних витрат. Ефективна організація транспортування на підприємстві повинна сприяти переміщенню певної кількості вантажу на максимально короткі відстані, за максимального використання транспортних засобів [2].

Робота мікрологістичної системи «Kanban» полягає в тому, що виробничі підсистеми підприємства, включаючи лінії кінцевого складання, забезпечуються матеріальними ресурсами тільки в тій мірі і до того терміну, які необхідні для виконання замовлення, сформованого підрозділом споживачем. Таким чином виробничі підрозділи не мають загального жорсткого графіка виробництва, вони оптимізують свою роботу в межах замовлення наступного за технологічною схемою підрозділу.

Формування та вибір рішень у сфері транспортування, без сумніву, є головним завданням виробничої логістики. Належним чином сформована система переміщення та складування вантажів істотно впливає на значну кількість техніко-економічних параметрів виробництва. Внутрішньозаводський транспорт обслуговує перш за все найпростіші процеси і є безпосередньо із ними пов'язаний. До завдань внутрішньозаводського транспорту належить переміщення вантажів в межах території певного підприємства.

Рис. 1. Схема функціонування комбінованої операційної системи «Kanban»

Так у системі підтримується мінімальний рівень запасів, який забезпечує безперервну роботу виробничо-технологічних ділянок і персоналу та регульований за допомогою розрахунку середньої денної потреби в кожному елементів виробів та визначення на них кількості карток «Kanban». Коли матеріальні ресурси витрачені, картка замовлення «Kanban» відправляється постачальникам, щоб поповнити резерви. Оскільки прогнозовані кількість і час постачання невеликі, партії, що замовляються, мають невеликі розміри. Крім того, запас, який зберігається на період постачання, підтримується у мінімальних розмірах.

Важливими елементами мікрологістичної системи «Kanban» є інформаційна система, яка включає не лише картки, але і виробничі, транспортні і постачальницькі графіки, технологічні карти, інформаційні світлові табло і т. ін.; система регулювання потреби і професійної ротації кадрів; система тотального і вибіркового контролю якості продукції; система вирівнювання виробництва і ряд інших.

Аналіз світового досвіду застосування мікрологістичної системи «Kanban» багатьма відомими фірмами показує, що вона дає можливість зменшити виробничі запаси на 50%, запаси готової продукції – на 8% за умови значного прискорення обертання обігових засобів і підвищення якості готової продукції.

Логістична система «Kanban» являє собою метод, який спрямований на задоволення потреб клієнтів самостійно керуючим виробництвом за принципом отримання. Матеріальний потік при цьому спрямований вперед (від виробника до споживача), тоді як інформаційний потік спрямований назад (від споживача до виробника). Постійні втручання центрального керівництва зайві при цій системі .

Впровадження системи «Kanban» на підприємстві потребує стабільних процесів і чіткої стандартизації діяльності, включаючи в першу чергу стандартизацію робочих місць всіх учасників процесу, стандартизацію запасів на всіх етапах потоку переміщення ресурсів – матеріальних і нематеріальних, а також всього потоку додаткових цінностей – від робочого місця, робочої лінії, складу, підприємства, постачальників та споживача. Ці умови є обов’язковими, в протилежному випадку впровадження системи – втрачений час та засоби.

Практичне використання системи «Kanban» дозволяє значно поліпшити якість продукції, що випускається; скоротити логістичний цикл, істотно підвищивши тим самим оборотність оборотного капіталу фірм; понизити собівартість виробництва; практично виключити страхові запаси і значно зменшити обсяг незавершеного виробництва.

Таким чином, повномасштабна автоматизація комплексного планування та управління виробництвом на підприємствах легкої промисловості, зокрема управління технологічними процесами, базується на розширенні не тільки масштабів застосування автоматизованих систем управління на основі мікрологістичної системи «Kanban», а й розширенні функціональних можливостей таких систем. Здійснюється поглиблення інтеграції інформаційних комунікацій між рівнями управління підприємства та здійснюється зворотний зв'язок в цій системі управління. Підвищення ефективності застосування автоматизації комплексного планування та управління виробництвом в області методологічного та програмно-інформаційного забезпечення її функціонування слід пов'язувати з розробкою і впровадженням такого забезпечення для специфічних і унікальних завдань підприємства легкої промисловості, адаптацією та інтеграцією забезпечення до існуючих функціональних модулів системи управління.

Питання транспортування є перспективною як з наукового, так і з практичного поглядів тематикою. Результати досліджень є результатом проведеного аналізу на одному із підприємств легкої промисловості, для якого процеси внутрішньозаводського транспортування відіграють ключову роль. Це обумовлюється необхідністю забезпечення регулярних і безперервних поставок матеріалів і комплектуючих безпосередньо на швейну лінію. Запропоновано рішення у сфері організації транспортування, які підвищують ефективність використання наявного транспортного потенціалу та дають змогу знизити витрати, пов’язані із експлуатацією транспортних засобів.

1. Тхорук Є.І. Оцінка показників надійності транспортних систем / Є.І. Тхорук, М.В. Голотюк, О.О. Кучер // Вісник НУ “Львівська політехніка”, серія: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2018. – Вип. 14. – С. 234–238.

2. Holotiuk M. Modeling of assessment of reliability transport systems / Holotiuk M., Tkhoruk Y, Kucher O., Krystopchuk M., Tson O. // ICCPT 2019: Current Problems of Transport. - Ternopil: TNTU, Published by TNTU Publ. and Scientific Publishing House “SciView”, 2019,– p. 151-159.

3. Голотюк М.В. Моделювання управління транспортними потоками з використанням інтелектуальних транспортних систем / Голотюк М.В., Дорощук В.О., Пахаренко В.Л., Кучерук М.О. // Вісник НУВГП, серія: Технічні науки. – Рівне: НУВГП, 2018. – Вип. 3(83). – С. 110–118.

УДК 656:338

IMPROVEMENT OF TRAFFIC FLOW MANAGEMENT USING OPTIMIZATION MODELS

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ ЗАСТОСУВАННЯМ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Голуб Дмитро, Аулін Віктор, Замуренко Артем

Центральноукраїнський національний технічний університет
просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006

Складові транспортних систем (автостанції, транспортні вузли і т.д.) мають сильну структурну і функціональну взаємопов'язаність і важко піддаються розрахунку [1, 2]. За останні декілька десятиліть накопичився певний досвід застосування різних методологічних підходів і моделей для розрахунку і оптимізації транспортних систем та процесів, що в них протікають [3].

Моделі строгої оптимізації погано відображають складну структуру транспортних систем і пов'язану з нею технологію, бо вони не піддаються повній формалізації. Для оптимізації структури транспортної системи і технології управління транспортними потоками можна використати тільки дворівневі системи оптимізації (рис. 1), при цьому оптимізаційна модель розраховує оптимальні укрупнені параметри, а детальну реалізацію оцінює імітаційна модель.

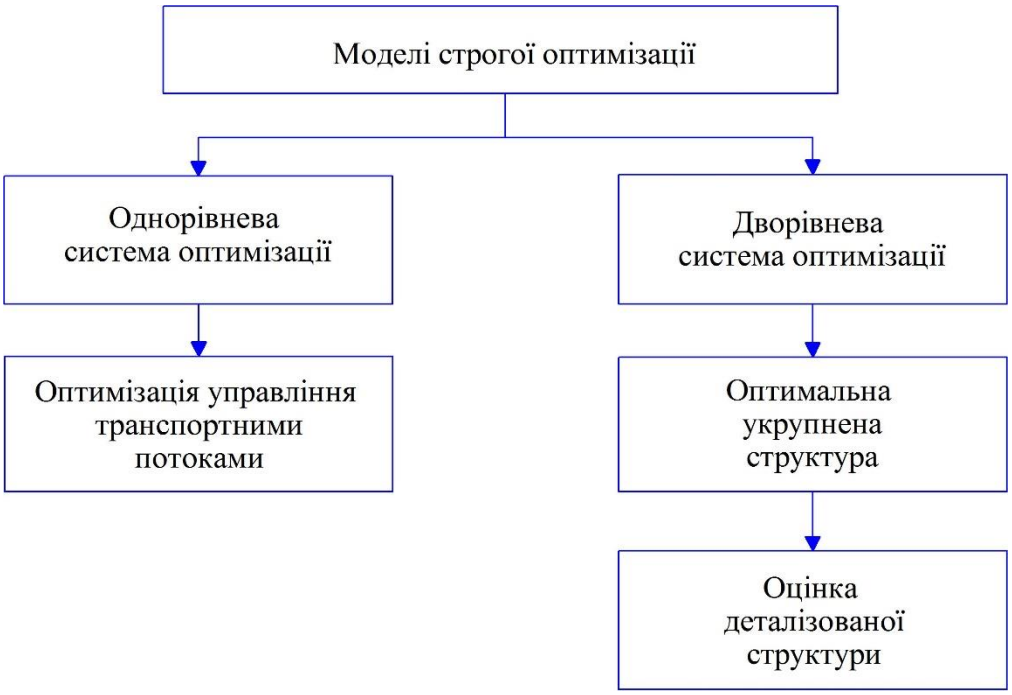


Рис. 1. Сфери застосування оптимізаційних моделей при удосконаленні управління транспортною системою

Управління транспортними потоками - це і управління потоками порожніх і навантажених транспортних засобів різного типу, з різними вантажами і різної приналежності, і регулювання парку рухомого складу [4]. Управління є функцією стану, а тому моделі мають

бути істотно динамічними. Вимоги до властивостей моделей визначаються в цьому випадку принципами оптимального управління [5].

Оптимальне управління припускає знаходження деякої найкращої схеми транспортних потоків [6]. Слід відмітити надважливу особливість - оптимумом буде динамічний процес, тобто оптимальна динамічна схема транспортних потоків.

Принципи оптимального управління транспортними потоками полягають у наступному:

- наявність оптимальної прив'язки постачальників до споживачів в динаміці;
- наявність оптимальнодинамічної схеми потоків;
- можливість розрахунку оптимальної схеми при частковому знаходженні потоків в дорозі;
- облік наявності залишків причепів транспорнтих засобів у споживачів;
- облік прогнозних показників завантажених і порожніх вантажепотоків рухомого складу;
- можливість узгодження прибуття різних потоків до одного і того ж споживача;
- облік багатоступенневої мережі при розрахунку схеми транспортних потоків;
- облік обмежень по пропускній спроможності для кожного напрямку потоку і для всіх потоків;
- облік реального часу руху потоків по ділянках в конкретній обстановці (час для ремонту, забезпеченість транспортними засобами, завантаженість маршрутів та ін.);
- управління потоками повинно максимізувати динамічні резерви транспортної системи.

В роботі [7] показано, що гнучке управління потоками призводить до появи так званих динамічних резервів транспорної системи - резервів управління. Це дозволяє транспортній системі стійко функціонувати в обстановці, що змінюється, без великих резервів транспортних засобів.

При цьому оптимізацію управління можна здійснювати по двох класах критеріїв - мінімумі транспортних або мінімумі виробничий- транспортних витрат. Відповідно, відрізнятиметься змістовна суть управління.

Моделі строгої оптимізації можуть в чистому вигляді застосовуватися тільки для вдосконалення управління транспортними потоками, оскільки для вирішення інших завдань потрібно досить повне відображення що погано формалізуються внутрішньої структури і технології. У завданнях управління потоками вони описуються укрупнено.

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Замуренко А.С. Оцінка працездатності автомобільних транспортних систем на основі математичних методів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, 2020. №22. С. 262-271.

2. Бережна Н.Г. Моделювання динамічних процесів в логістичних системах вантажоперевезень. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. №. 7. С. 64–76.

3. Перебийніс В.І. Транспортно-логістичні системи підприємств: формування та функціонування: монографія. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2005. С. 207.

4. Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Zarzadzanie logistyczne. Warszawa: PWE,2002. 243 p.

5. Голуб Д.В. Методи та підходи до моделювання ефективності цілей операцій в транспортних системах. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36) I. С. 317-327.

6. Matthew J. Roord, Cavalcante R., Mc Cabe S., Kwan H. A conceptual framework for agent-based modelling of logistics services. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010. Volume 46. P. 18-31.

7. Голуб Д.В. Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36) II. С. 324-334

УДК 338.4

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT SYSTEM OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF EUROPEAN INTEGRATION

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Городецька Тетяна

Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

Транспортна система є одним із необхідних факторів ефективного функціонування економіки країни та найважливішою інфраструктурною основою сталого зростання. За період становлення незалежності Україна зазнала значної, і водночас неоднозначної, іноді дуже суперечливої, еволюції своєї політики участі у міжнародних інтеграційних процесах. У процесах євроінтеграції слід акцентувати чотири ключових аспекти - якість інститутів, якість інфраструктури, досягнутий рівень добробуту та структурні характеристики економіки. При цьому саме до факторів якості інфраструктури та інституційної зрілості чутливі процеси структурної адаптації.

Інтеграція України у світову економіку та технологічний стрибок у сфері інфраструктури потребують нової стратегії розвитку. 30 травня 2018 року, під час засідання Кабінету Міністрів України, було схвалено Національну транспортну стратегію України (НТСУ) на період до 2030 року «Drive Ukraine 2030». Drive Ukraine-2030 – цифрова інфраструктура, безпека на транспорті, безпілотні автомобілі, транспортні коридори, єдина транспортна та інфраструктурна мережа з Європейським Союзом. На транспортну галузь припадає 12,1 % обсягу експорту і 5,3 % імпорту.

Основні напрями НТСУ: фінансування транспортної галузі та безпеки на транспорті; розвиток нових транспортних коридорів; орієнтованість на споживача; зниження логістичних витрат на 40 %; розвиток мультимодальних перевезень, розвиток транспортних сполучень з ЄС; належний рівень сервісу для пасажирів; фокус на безпеку руху; енергоефективність та екологія; зниження витрат за рахунок раціонального використання ресурсів; розвиток електричного транспорту.

Транспортна та інфраструктурна сфери міцно з’єднають Україну зсередини, а також забезпечать її повну інтеграцію до європейської та світової транспортної систем [1].

З наданням Європарламентом Україні статусу кандидатки в члени Євросоюзу Україна та Євросоюз підписали Угоду про вантажні перевезення автомобільним транспортом, так званий транспортний безвіз. Необхідно також зазначити, що на підписання цієї угоди вплинула ситуація з блокуванням українських портів.

Підписаний документ скасовує необхідність отримання українськими перевізниками дозволів для здійснення двосторонніх та транзитних перевезень у держави ЄС. Також угода дозволяє уникнути зупинки експорту української продукції через автомобільні пункти пропуску.

Угода про вантажні перевезення автомобільним транспортом також спрощує визнання водійських документів. Відтепер Україна та ЄС звільняють власників посвідчень водіїв, виданих однією зі сторін, від вимоги мати міжнародне посвідчення водія. Угода дійсна упродовж року з можливістю її пролонгації. На постійній основі вона запрацює, коли ЄС та Україна завершать усі ратифікаційні процедури.

Як нагадує міністерство інфраструктури України, з моменту підписання Угоди про зону вільної торгівлі між Україною та ЄС у 2016 році товарообіг з країнами Євросоюзу зріс майже вдвічі, а кількість вантажоперевезень автомобільним транспортом – на 42% [2].

Оцінюючи конкурентоспроможності того чи іншого маршруту необхідно спиратися на загальновідомий при транзитних перевезеннях "комерційний трикутник": "час-сервіс-тариф".

Швидка доставка дозволяє підвищити оборотність банківських коштів за рахунок скорочення терміну здійснення операції. Прискорення доставки означає вивільнення фінансових ресурсів, які на період знаходження вантажів у дорозі фактично заморожуються. Тому фактор часу є незаперечною конкурентною перевагою сухопутних транспортних шляхів для певного виду товарів, клієнтів і регіонів.

На сьогоднішній день Україна вдало відрізняється з-поміж інших країн тим, що значна кількість її міст знаходяться на традиційних транспортно-комунікаційних маршрутах євразійського континенту. Питання створення Україною міжнародних транспортних коридорів дозволить прискорити не тільки досягнення стратегічних цілей інтеграції в Європейську спільноту, але й розв'язання таких задач, як залучення додаткових інвестицій у розвиток транспортної інфраструктури, прискорення темпу виходу із занепаду вітчизняного виробника, покращання валютних надходжень за рахунок транзитних перевезень, ріст обсягів продукції, що експортується [3].

В рамках євроінтеграції України Європейська комісія запропонувала розширити чотири логістичні коридори ЄС до України та Молдови. Комісія вирішила приєднати дві держави до Транс'європейських транспортних мереж (TEN-T). Це зблизить обидві країни з ЄС, а також підтримає відновлення транспортної інфраструктури України після завершення війни.

Єврокомісія внесла такі зміни:

- Північно – Балтійський коридор продовжено через Львів та Київ до Маріуполя;
- Балто-Чорноморсько – Егейський коридор продовжено через Львів, Чернівці (Румунію і Молдову) до Одеси
- коридори Балтійське море – Адріатичне море та Рейн – Дунай проходитимуть через Львів [4].

В умовах євроінтеграції України зберігається реальна можливість також підвищити річковий потенціал за рахунок розвитку річкових транспортних коридорів: це вихід на судноплавні канали Рейн-Майн-Дунай та через розгалужену систему внутрішніх водних шляхів та гирлових портів на Амстердам, Роттердам, Антверпен, Констанца для того, щоб доставляти вантажі внутрішнім водним транспортом практично по всій Європі.

Таким чином, інтеграція національної транспортної системи України до транспортних систем країн-членів ЄС є основним інструментом подолання більшості бар'єрів та проблем через які транзитний потенціал міжнародних транспортних коридорів був не реалізованим. Параметри моделі включення транспортної системи України до процесу європейської інтеграції залежать не лише від складного комплексу взаємодіючих факторів, загальних для механізму включення до процесів глобалізації та регіональної інтеграції, а також від специфічних умов розвитку саме регіональних інтеграційних процесів. Також курс України на євроінтеграцію матиме як короткострокові так і довгострокові результати для економічного розвитку.

1. Drive Ukraine 2030. URL: https://mtu.gov.ua/files/projects/str.html

2. Україна і ЄС підписали «транспортний безвіз». URL: https://www.eurointegration.com.ua/news/2022/06/29/7142282/

3. Прокудін Г. С., Дудник О. С., Чупайленко О. А. Інтеграція транспортної системи України у світову транспортну систему. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2015. Випуск 4. С. 122-125.

4. Логістичні шляхи України стали частиною Транс'європейської транспортної мережі. URL: https://www.eurointegration.com.ua/news/2022/07/27/7143958/

УДК 656.073.7

LOGISTIC PROCESSES IN FORESTRY

ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ В ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Дорощук Вікторія[1], Дорощук Мирослав[2], Коваль Анатолій[1]

[1]Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028
[2]Відокремлений структурний підрозділ Березнівський лісотехнічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Чорновола, 23, м. Березне, Рівненська обл., 346002

Лісове господарство має особливе значення для підвищення рівня забезпеченості держави та населення лісогосподарською продукцією та покращення стану навколишнього середовища. Проблема підвищення ефективності лісогосподарського виробництва на сьогодні потребує застосування нових підходів з метою її розв’язання, оскільки процес відтворення та використання лісових ресурсів України не відповідає критеріям сталого розвитку лісового господарства.

Транспортування лісу – це одна з найбільш затребуваних послуг на сьогоднішній день, яку надають лісогосподарські підприємства і транспортні компанії. Це обумовлено тим, що лісоматеріали широко використовуються в будівництві і для виробництва меблів, а також в інших видах життєдіяльності людини.

Логістика охоплює і об'єднує в цілісний процес такі види діяльності, як інформаційний обмін, транспортування, управління запасами, складським господарством, вантажопереробку і упаковку [2].

Проблеми транспортної логістики в лісовому господарстві аналізуються у роботах провідних вітчизняних і зарубіжних дослідників М.С. Ізтелеуова, І.В. Грицук, П.М. Арімбекова, Л.А. Тарандушка, Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Та сучасні реалії засвідчують, що питання транспортної логістики в лісовому господарстві потребує подальших досліджень.

Специфікою перевезення лісових вантажів є перевезення необроблених лісоматеріалів великої довжини для чого використовують автотягачі з причепами-розпусками, спеціалізовані причіпні і сідельні автопоїзди. Оскільки навантаження лісоматеріалів, особливо необроблених, проходить, як правило, на необладнаних майданчиках, на лісовозні автопоїзди встановлюють гідравлічні вантажопідйомні пристрої. Для перевезення лісоматеріалів використовують транспортні засоби підвищеної прохідності. У випадках перевезення лісу і пиломатеріалів на неспеціалізованому транспортні засоби, необхідно його обладнати спеціальними пристосуваннями (кониками, шипами, гребінками проти ковзання), що запобігають можливості зсуву лісу або пиломатеріалів на кабіну. За кабіною для захисту її від ударів встановлюється щит [1].

Раціонально організоване складське господарство безпосередньо дає змогу вплинути на зниження собівартості продукції (робіт, послуг), оскільки знижуються втрати матеріалів під час зберігання, витрати на вантажно-розвантажувальні роботи та складські операції.

Основні рішення логістики складування передбачають: вибір між власним складом чи складом загального користування; вибір типу розміщення складської мережі; визначення місця розміщення складу; визначення кількості складів; проектування складу; розробка схеми руху матеріального потоку на складі; вибір системи складування; визначення площі складу; оцінка показників роботи складу.

Концепція логістичного управляння підприємством на відміну від традиційного розподілу функціональних операцій між сферами діяльності (постачання, виробництво, збут і

т. ін.) передбачає розглядати всі операції, що плануються, реалізуються і контролюються, у рамках єдиної логістичної системи. Функціональний розподіл операцій у логістичній системі визначає різні функціональні логістичні підсистеми, через які проходять матеріальні та інформаційні потоки, включаючи всю необхідну сукупність виробничих і допоміжних процесів від ринку закупок до ринку споживачів [3].

На рис. 1 подано функціональну структуру логістичної системи, з якої видно, що перша фаза логістичного процесу (перша підсистема) – це логістика постачання, яка охоплює рух сировини, виробничих і допоміжних матеріалів, а також комплектуючих виробів і запасних частин з ринку закупок до складів підприємства.

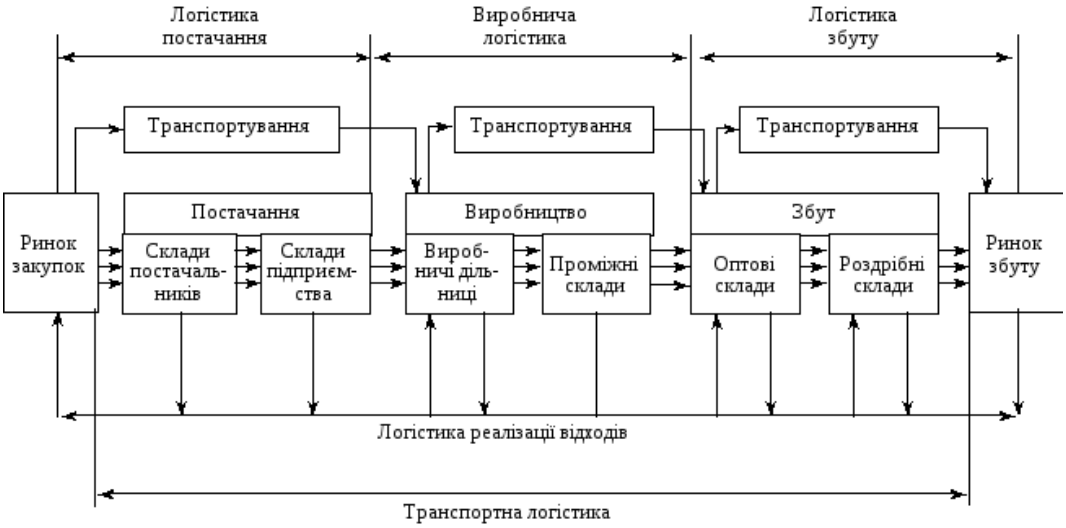


Рис.1. Функціональна структура логістичної системи підприємства [3]

У логістиці транспорт відіграє значну роль, пов'язуючи між собою окремі економічні райони, компанії, підприємства і фірми. Переміщаючи матеріальні ресурси і готову продукцію зі сфери виробництва в сферу виробничого або особистого споживання, транспорт тим самим бере участь в процесі відтворення матеріальних благ. Транспорт є галуззю матеріального виробництва, так як має свою продукцію. Ця продукція - переміщення на відміну від інших галузей матеріального виробництва.

При вирішенні завдань транспортного забезпечення логістики, необхідно враховувати переваги і недоліки різних видів транспорту, що визначають можливості його використання в логістичній системі. [1].

Економічний ефект досягається за рахунок зменшення середньої відстані вивезення для лісотранспорту підприємства і перенесення основних витрат на зовнішніх перевізників.

Супутникові системи GPS-моніторингу транспорту та використання пального контролюють переміщення транспортних засобів, забезпечують логістику, економлять фінансові ресурси. Система в режимі онлайн на інтерактивній карті дозволяє відстежити повний маршрут автомобіля, швидкість та погодинний графік руху, стоянки, використання пального. Тому впровадження GPS-моніторингу в лісовому господарстві, узгодження роботи транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів, правильна організація складського господарства, матеріальних потоків дасть можливість підвищити ефективність логістичних процесів в лісовому господарстві.

1. Ізтелеуова М.С. Організація та логістика перевезень: підручник / М.С. Ізтелеуова, І.В. Грицук, П.М. Арімбекова, Л.А. Тарандушка. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021 - 264 с.

2. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика: Навч.пос. – К.: Центр учбової літератури, 2021. – 224с.

3. Татарчук М. І. Т 23 Корпоративні інформаційні системи: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2005. – 291 с.

УДК 656.13

CHANGE OF THE PROCEDURE FOR DETERMINING THE TIME OF USE OF THE CARRIER'S OWN WAGON: IS IT WHIM JSC «UKRZALIZNYTSIA» OR AN URGENT NECESSITY?

ЗМІНА ПОРЯДКУ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСНОГО ВАГОНА ПЕРЕВІЗНИКА: ЗАБАГАНКА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» ЧИ НАГАЛЬНА НЕОБХІДНІСТЬ?

Запара Віктор

Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Abstract. Received shares of the wagon component of the tariff, including taking into account the change in the procedure for calculating the time of use of the carrier's wagons by wagon type and by type of shipments (wagon, route). Directions for solving the identified imbalance between the components of the cargo tariff are predicted

Keywords: basic tariff, cargo flight, car component, empty flight, carrier's own car.

АТ «Укрзалізниця» навіть в умовах військового стану продовжує в повній мірі виконувати пред`явлені обсяги перевезення. У 2021 році компанії вдалося відновити тенденцію росту обсягів вантажоперевезень. Навіть після початку повномасштабної війни компанія змогла переорієнтувати вантажопотоки і після значного спаду в березні 2022 року фіксується постійне помісячне зростання вантажоперевезень.

Рівень тарифів на вантажні перевезення залізницею в Україні у внутрішньому, експортному та імпортному сполученнях підпадає під антимонопольне законодавство. Проте компанії останнім часом вдалося провести дерегуляцію вагонної складової тарифу. З огляду на загальну економічну ситуацію АТ «Укрзалізниця» змушене гнучко відреагувати на зміни ринку. Виникла необхідність перегляду методики формування ставки плати за використання власних вагонів перевізника. Отже, необхідність оновлення тарифної системи вантажних перевезень є нагальною необхідністю, а дослідження щодо визначення сучасної структури тарифу вантажних залізничних перевезень (інфраструктурна та вагонна складові) на сьогодні є першим кроком в цьому напрямі.

У 2018 році Мінінфраструктури України надало АТ «Укрзалізниця» повноваження самостійно встановлювати плату за використання власних вагонів. АТ «Укрзалізниця» з 01.08.2022 року змінило методику обрахування вагонної складової у вартості вантажоперевезень у вагонах власного парку по території України, фактично переводячи її на загальноприйняті прозорі ринкові стандарти. Відомо, що раніше для цього використовувалась методика, за якою термін використання вагонів визначався діленням відстані перевезення на нормативну швидкість доставки вантажу. Зазначена нормативна швидкість становить 200 км/добу для вагонних відправлень та 320 км/добу для маршрутних відправлень.

Разом з тим останніми роками фактична швидкість руху вагонів значно менша за нормативну швидкість через знос залізничної інфраструктури, рухомого складу та через збільшення кількості операторів вагонного парку на мережі. Отже, при застосуванні нормативної швидкості в розрахунку терміну використання вагонів кількість розрахованих діб використання вагона не відповідає дійсності. На ринку використання вантажних вагонів задіяна й інша методика, яка прив’язана до фактичної швидкості руху вагонів на різних маршрутах. Більш того, різниця в методиках розрахунку вартості використання вагонів приватних операторів та АТ «Укрзалізниця» дозволяла деяким гравцям на ринку маніпулювати вартістю вагонів та необґрунтовано підвищувати ставки за використання

власних вагонів. АТ «Укрзалізниця» дійсно мала вищий рівень ставок плати, ніж у приватних операторів ринку, але отримувала кошти за значно менший термін використання власних вагонів.

Ця ситуація дозволяла приватним власникам вагонів апелювати до вантажовідправників з вимогою підвищувати вартість використання приватних вагонів, обґрунтовуючи рівнем ставок плати АТ «Укрзалізниця», зовсім не роз'яснюючи замовникам різницю в методиках розрахунку терміну використання вагонів. Натомість АТ «Укрзалізниця» постійно отримувала критику від представників вантажовідправників за «розігрів» ринку та підняття ставок плати. Виходячи з цього прийнято рішення перейти на ринковий механізм обрахування вагонної складової вартості вантажних перевезень з урахуванням фактичної швидкості руху вагонів. Це у підсумку уніфікує процес та знівелює поле для маніпуляцій і нечесної, неконкурентної боротьби, адже АТ «Укрзалізниця», як і інші компанії, є учасником і надійним партнером ринку вантажних перевезень. Однак слід мати на увазі, що новий підхід має і певний недолік, адже використання фактичної швидкості руху вагонів ніяким чином не буде стимулювати АТ «Укрзалізниця» підвищувати швидкість просування вагонопотоку до нормативної та скорочувати обіг вагонів.

З серпня 2022 року вантажовласники відчули зростання вагонної складової у вартості перевезень вантажів вагонами перевізника, адже фактично при розрахунку різко зросла кількість діб використання вагонів, а ставки плати залишаться на поточному рівні. Однак надалі з підвищенням вартості використання вагонів перевізника [1] очікується зменшення попиту на вагони АТ «Укрзалізниця», а за рахунок зменшення коефіцієнту утилізації вагонів очікується зменшення ставок плати до ринкового рівня. Більше того, експортери товарів та продукції з України частково компенсують підвищення вагонної складової в тарифі перевезення за рахунок зниження майже на 25% курсу гривні до долара США.

Нормативна швидкість доставки вантажів не змінюється й становить, як і раніше, 200/320 км/добу. Отже, АТ «Укрзалізниця», як відповідальний перевізник несе зобов’язання доставки вантажів у встановлений терміни, і жодних змін у цьому питанні не планується. Зазначені зміни щодо застосування фактичної швидкості руху вагонів стосуються виключно розрахунку вартості використання вагонів АТ «Укрзалізниця», тобто перевізника. У зв`язку з вищенаведеним значних змін зазнає частка вагонної складової у загальному тарифі. Нами проведені дослідження щодо зміни частки вагонної складової із-за зміни порядку розрахунку часу використання вагонів перевізника за типами вагонів та в розрізі видів відправок (вагонна, маршрутна).

Розрахунок тарифу [2] та плати за використання власного вагона перевізника до змін в порядку розрахунку з визначенням частки плати за використання вагона у тарифі наведено в табл. 1. Наведені дані свідчать, що і до зміни порядку розрахунку частка плати за використання вагона у тарифі була досить суттєвою (25,6% - 43,9%): максимальні значення спостерігались при перевезенні у зерновозі (від 43,9% до 39,6% з поступовим зниженням в залежності від збільшення відстані перевезення), мінімальні – при використанні цистерн (27,3% - 25,6%). Найсуттєвіший вплив на кінцевий результат дає рівень ставки за добу (зерновоз – 2417 грн/добу, цистерна – 1455 грн/добу) за інших практично рівних умов.

Відомо, що складові тарифу мають співвідношення: інфраструктурна складова – 55-60%, локомотивна - 25-30%, вагонна - 10-20% [3]. Зрозуміло, що в залежності від типу вагона можуть бути певні коливання частки вагонної складової, проте вони не повинні відрізнятися в рази. Як бачимо із наведених результатів на сьогодні вагонна складова на власний вагон перевізника навіть до зміни порядку розрахунку уже суттєво перевищує «нормативну» - 20% (мінімально від 27,3% до 25,6% для цистерн, максимально від 43,9% до 39,6% для зерновозів), тобто вже маємо ситуацію суттєвого дисбалансу.

Таблиця 1

Розрахунок тарифу та плати за використання власного вагона перевізника у повному рейсі (вантажний+порожній) до змін (без урахування ПДВ)

Середина тарифного поясу вантажного рейсу, км	Тариф у вантажному рейсі, грн.	Тариф у порожньому рейсі, грн.	Тариф за перевезення (гр.2 + гр.3), грн	Плата за використання вагона до змін, грн	Загальна плата за перевезення, (гр.4 + гр.5), грн	Частка плати за використання вагона у тарифі до змін, %
1	2	3	4	5	6	7
Піввагон						
315	14792	1955,1	16747,1	12000	28747,1	41,7
625	23933	3730,6	27663,6	18000	45663,6	39,4
1035	35780	8090,7	43870,7	24000	67870,7	35,4
1455	48151	11168,8	59319,8	32000	91319,8	35,0
Зерновоз						
315	15757	2808,9	18565,9	14502	33067,9	43,9
625	25697	5129,3	30826,3	24170	54996,3	43,9
1035	38556	8090,7	46646,7	33838	80484,7	42,0
1455	51981	10650,9	62631,9	41089	103720,9	39,6
Цистерна						
315	20486,0	2808,9	23294,9	8730	32024,9	27,3
625	32658,5	5129,3	37787,8	14550	52337,8	27,8
1035	48462,8	8090,7	56553,5	20370	76923,5	26,5
1455	64976,5	11168,8	76145,3	26190	102335,3	25,6
Фітингова платформа						
315	10651	816,6	11467,6	7175	18642,6	38,5
625	16846	1614,0	18460,0	10045	28505,0	35,2
1035	24909	2610,2	27519,2	14350	41869,2	34,3
1455	33341	3503,7	36844,7	17220	54064,7	31,9

Аналогічний розрахунок за нових умов в порядку розрахунку з визначенням частки плати за використання вагона у тарифі наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок тарифу та плати за використання власного вагона перевізника у повному рейсі (вантажний+порожній) за нових умов (без урахування ПДВ)

Середина тарифного поясу вантажного рейсу, км	Тариф у вантажному рейсі, грн.	Тариф у порожньому рейсі, грн.	Тариф за перевезення (гр.2 + гр.3), грн	Плата за використання вагона, грн	Загальна плата за перевезення, (гр.4 + гр.5), грн	Частка плати за використання вагона у тарифі, %
1	2	3	4	5	6	7
Піввагон						
315	14792	1955,1	16747,1	18000	34747,1	51,8
625	23933	3730,6	27663,6	28000	55663,6	50,3
1035	35780	8090,7	43870,7	44000	87870,7	50,1
1455	48151	11168,8	59319,8	60000	119319,8	50,3
Зерновоз						
315	15757	2808,9	18565,9	24170	42735,9	56,6
625	25697	5129,3	30826,3	43506	74332,3	58,5
1035	38556	8090,7	46646,7	67676	114322,7	59,2
1455	51981	10650,9	62631,9	87012	149643,9	58,1
Цистерна						
315	20486,0	2808,9	23294,9	11640	34934,9	33,3
625	32658,5	5129,3	37787,8	20370	58157,8	35,0
1035	48462,8	8090,7	56553,5	32010	88563,5	36,1
1455	64976,5	11168,8	76145,3	43650	119795,3	36,4
Фітингова платформа						
315	10651	816,6	11467,6	10045	21512,6	46,7
625	16846	1614,0	18460,0	15785	34245,0	46,1
1035	24909	2610,2	27519,2	25830	53349,2	48,4
1455	33341	3503,7	36844,7	34440	71284,7	48,3

Новий підхід до розрахунку часу використання власного вагона перевізника призводить до суттєвого збільшення частки вагонної складової у тарифі (в 1,3 - 1,42 рази). При цьому найбільший відсоток залишається при перевезенні у зерновозі (від 56,6% до 59,2%, без лінійної залежності від відстані перевезення). Найменший – у цистерні (від 33,3% до 36,4% з поступовим зростанням із збільшенням відстані перевезення). Таким чином, «нормативна» вагонна складова перевищена мінімум в 2 – 3 рази.

Певною мірою вплинути на зниження частки вагонної складової повинна маршрутизація перевезень, яка підвищує швидкість просування вагонопотоку. Проведені також розрахунки при перевезенні вантажів у відповідних типах вагонів маршрутами за інших рівних умов.

Визначення плати за використання власного вагона перевізника без урахування змін порядку розрахунку при маршрутних перевезеннях вказує, що лише такі перевезення в цистерні мають прийнятні показники щодо рівня вагонної складової (до 20%), але лише за умови перевезення вантажів другого тарифного класу. При аналогічних перевезеннях в інших типах вагонів частка вагонної складової знаходиться в межах від 26,0% до 34,2%, що в 1,3 - 1,71 рази перевищує «нормативну». При цьому найбільший відсоток залишається при перевезенні у зерновозі (від 31,7% до 32,4%, без лінійної залежності від відстані перевезення). Новий підхід до розрахунку часу використання власного вагона перевізника призводить до суттєвого збільшення частки вагонної складової у тарифі (приблизно в 1,5 рази). При цьому найбільший відсоток залишається при перевезенні у зерновозі (від 48,3% до 51,0%, без лінійної залежності від відстані перевезення). Найменший – у цистерні (від 29,2% до 33,3% з поступовим зменшенням із збільшенням відстані перевезення). Таким чином, «нормативна» вагонна складова перевищена мінімум в 1,5 – 2,5 рази.

Розрахунки тарифу при маршрутних перевезеннях за нових умов при перевезенні вантажу третього тарифного класу свідчать, що дійсно за таких умов частка плати за використання вагона у тарифі дещо знизилась (до 23,0% - 26,7%), проте перевищує «нормативну» в 1,15 – 1,34 рази.

Дані підтверджують зниження частки плати за використання вагона у тарифі при маршрутних перевезеннях (в порівнянні з вагонними відправками) в межах до 11,3%. За типами вагонів розбіг зниження наступний: піввагон – від 6,3% до 11,3% в залежності від відстані перевезення (максимальний діапазон); зерновоз – від 5,6% до 10,9%; цистерна – від 0% до 6,9% (максимальний розбіг); фітингова платформа – від 2,4% до 4,5% (мінімальний розбіг). До того ж всі наведені результати частки плати за використання вагона у тарифі в таблиці суттєво перевищують «нормативну» - 20%. Отже, маємо ситуацію суттєвого дисбалансу. який необхідно вирішити.

Прогнозовано, на наш погляд, щодо напрямку вирішення означеного дисбалансу мова йде про перегляд інфраструктурної складової, яка повинна суттєво зрости. Пов`язано це перш за все з тим, що при формуванні попередніх базових тарифів витрати (собівартість) базувались на фактичних витратах, а не на економічно обґрунтованих. Ситуація недофінансування утримання інфраструктури та й інших елементів перевізного процесу призвела до вкрай тяжкого стану інфраструктури (в тому числі локомотивного та вагонного парку перевізника).

1. АТ «Укрзалізниця» підвищує плату за використання зерновозів. URL: https://usm.media/ukrzalizniczya-pidvishhu%d1%94-platu-za-vikoristannya-zernovoziv/ (дата звернення: 03.10.2022).

2. Тарифне керівництво №1. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ним послуги Київ: «Укрзалізниця». 2009. 200 с.

3. Запара В.М., Бауліна Г.С., Запара Я.В., Продащук С.М. Обґрунтування необхідності оновлення тарифної системи вантажних перевезень залізничним транспортом України в сучасних умовах. Тези 1-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інтелектуальні транспортні технології»: (Трускавець-Харків, 24-30 січня 2020 р.) Харків: УкрДУЗТ. С. 58-60.

УДК 656.13

SETTING REASONABLE TARIFFS FOR RAILWAY TRUCK TRANSPORT AS THE NEED OF THE TIME

ВСТАНОВЛЕННЯ ОБҐРУНТОВАНИХ ТАРИФІВ НА ЗАЛІЗНИЧНІ ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЯК ВИМОГА ЧАСУ

Запара Ярослав

Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Abstract. *The state of cargo tariffs of JSC «Ukrzaliznytsia» was considered. The shortcomings of the current tariff system are identified, the peculiarities of tariff indexation and modern principles of regulated and free tariffs are considered.*

Keywords: *regulated tariff, freight transportation, tariff system, tariff formation, cost price, tariff structure*

Ефективне функціонування всього транспортного комплексу є необхідною умовою забезпечення економічної стабільності в Україні, особливо в період широкомасштабної агресії, в якому залізничному транспорту належить провідна роль. Для ефективної конкуренції між різними власниками рухомого складу при формуванні рівновигідних тарифно-економічних умов необхідна демонополізації потенційно конкурентних секторів національної економіки і формування конкурентного середовища на ринку перевезень. Подальший розвиток ціноутворення на перевезення вимагає його оптимізації та удосконалення державного регулювання.

Вантажні тарифи є складовою частиною вартості різних товарів. Тарифи відшкодовують витрати транспортної галузі та забезпечують можливість розвитку транспорту. Тарифна ставка повинна бути прибутковою, в іншому випадку галузь повинна дотуватись державою. В Україні вантажні залізничні перевезення в цілому прибуткові. Сучасні тарифи залізничного транспорту на вантажні перевезення побудовані на двоставочній основі і включають ставку за початково-кінцеву операцію і за перевезення. Рівень тарифів на вантажні перевезення залізницею в Україні у внутрішньому, експортному та імпортному сполученнях підпадає під антимонопольне законодавство, тобто рівень тарифів АТ «Укрзалізниця» самостійно змінювати не може. Проте компанії останнім часом вдалося провести дерегуляцію вагонної складової тарифу, що додатково збільшило надходження.

Державні регульовані ціни мають забезпечувати відповідність ціни витратам на виробництво, продажу, прибутку, змінюватися у зв’язку зі зміною умов виробництва, що не залежать від діяльності суб’єкта, а під час державного регулювання діяльності суб’єктів природних монополій має забезпечуватися принцип самоокупності. Щорічно державні регульовані тарифи на перевезення вантажів у межах України мають змінюватися, при цьому мінімальним розміром такої зміни тарифів повинен бути розмір, що не є нижчим від індексу цін виробників промислової продукції (ІЦВ) відповідно до основних прогнозних макропоказників економічного і соціального розвитку України, схвалених відповідною постановою Кабінету Міністрів України. У прогнозах економічного і соціального розвитку України у кількісних припущеннях враховується зміна державних регульованих тарифів на вантажні залізничні перевезення.

Основною необхідністю зміни державних регульованих тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом є перегляд рівня заробітної плати, цін і тарифів на паливно-енергетичні та матеріальні ресурси тощо. Індексація тарифів на вантажні залізничні

перевезення в межах України з березня 2019 року – це перший етап на шляху до запровадження постійно діючої моделі автоматичної індексації тарифів на індекс цін виробників промислової продукції. АТ «Укрзалізниця» спільно з учасниками ринку необхідно буде розробити нову концепцію тарифоутворення на залізничному транспорті.

Наступним кроком на шляху вдосконалення тарифної політики залізниці України має стати запровадження автоматичної індексації тарифів на вантажні залізничні перевезення, при цьому мають бути усунуті всі недосконалості існуючої загальної системи тарифоутворення як то розрив у вартості перевезення вантажів, порожнього пробігу та доповнена необхідними елементами автоматичної індексації.

АТ «Укрзалізниця» могла б запропонувати учасникам ринку регулярну індексацію, що відбуватиметься щоквартально за фактичними змінами індексу цін виробників промислової продукції. Ці пропозиції мають бути включені в загальну концепцію тарифоутворення на залізничному транспорті, яка відповідатиме потребам галузі та економічній ситуації в країні. На сьогодні актуальним є запровадження інвестиційної складової тарифу. Вона може запроваджуватися додатково під час реалізації окремих інвестиційних проектів, програм, і наразі необхідно виконати роботи щодо формули цієї складової. Необхідно, що б пропозиції щодо нової моделі тарифоутворення були підтримані ринком, що дозволить врешті-решт розділити інфраструктурну та локомотивну складову тарифу та вивести їх на економічно обґрунтований рівень. Це дасть можливість АТ «Укрзалізниця» залучити кошти на реалізацію інвестиційної програми компанії та максимально оперативно змінити на краще ситуацію зі станом тягового рухомого складу.

Тарифна політика вантажних перевезень залізницею враховує тарифні класи вантажів. В європейських країнах (наприклад, в Польщі) залізничний тариф єдиний для всіх груп вантажів. Однак одночасне (одномоментне) введення такої системи в Україні може призвести до суттєвих негативних наслідків для певних галузей. Отже, необхідні напрацювання пропозицій щодо поступового переходу на нову систему. Зближення тарифних класів пропонується перш за все за рахунок переведення збиткових позакласних вантажів – щебінь, пісок тощо – до першого класу. Деякі вантажі першого тарифного класу (цукровий буряк, лісоматеріали) необхідно перевести до другого класу. До цієї групи (другої) вже віднесено і ряд вантажів третього класу (бензинова сировина, натрію гідроксид тощо). Отже, такий підхід призведе до спрощення системи визначення вартості перевезень (за рахунок ліквідації позакласної групи) та всі тарифи тяжітимуть до середніх показників, тобто другого тарифного класу. Вказані підходи до удосконалення тарифоутворення на вантажні залізничні перевезення у внутрішньому, експортному та імпортному сполученнях в межах України знайшли певне відображення в Стратегії АТ «Укрзалізниця» на 2019- 2023 роки [1].

Розвиток АТ «Укрзалізниця» вимагає здійснення низки заходів. Одними з найважливіших є *встановлення обґрунтованих тарифів.* Наразі всі залізничні тарифи поділені на 2 основні групи – регульовані та вільні. Між тим вважаємо, що обидві групи мають базуватися на однакових принципах: покривати витрати на утримання, функціонування й відновлення протягом життєвого циклу основних фондів та нематеріальних активів і містити обґрунтований рівень рентабельності; регулярно переглядатися відповідно до ринкових коливань. Найкращим підходом до цього є прив’язка тарифів до індексу цін виробників промислової продукції (ІЦВ), що також дозволить деполітизувати процедуру.

З іншого боку, тарифи мають бути не тільки економічно обґрунтованими й зрозумілими та логічними. Відповідно, необхідно провести реформи системи тарифоутворення на послуги залізничних перевезень згідно з вимогами євродиректив (розподіл тарифів на доступ до інфраструктури та на перевезення) та утворення клієнтоорієнтованого документа для використання всіма споживачами послуг.

Усі тарифи, які не відносяться до діяльності природної монополії, включаючи тариф на перевезення після запровадження вільного доступу до залізничної інфраструктури, мають бути поступово дерегульовані та встановлюватися за ринковими принципами.

Потребують проведення додаткових досліджень питання щодо визначення собівартості тарифів на вантажні залізничні перевезення. Завдання із розрахунку собівартості вантажних перевезень є одним із ключових для встановлення та забезпечення ефективності функціонування АТ «Укрзалізниця». Визначення собівартості вантажних перевезень у тарифних цілях може бути виконано лише автоматизованими людино-машинними методами. З 2013 року розрахунки собівартості базуються на застосуванні «Методики розрахунку тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом», а також «Методичних рекомендацій визначення собівартості вантажних перевезень залізничним транспортом у межах України в тарифних цілях», тобто після 2012 року програмний комплекс визначення собівартості не оновлювався, а собівартість корегувалась через відповідні співвідношення.

Зміна структури вантажного тарифу є нагально необхідним. Діюча структура тарифу включає лише дві складові – вагонну та інфраструктурну (яка по суті включає власне інфраструктурну та локомотивну складові). За дослідженнями науковців УкрДУЗТ, які проводились раніше складові тарифу мали співвідношення: інфраструктурна складова – 55-60%, локомотивна - 25-30%, вагонна - 10-20% (що повністю відповідало тарифоутворенню, наприклад, при транзитних перевезеннях щодо вагонної складової згідно з «Тарифная политика железных дорог государств-участников Содружества независимых государств на перевозки грузов в международном сообщении на … фрахтовый год», де зміна рівня тарифу при зміні власності вагона не перевищувала 20%) [2].

На сьогодні вагонна складова на власний вагон перевізника (АТ «Укрзалізниця») в деяких випадках уже перевищує 50%, тобто маємо ситуацію суттєвого дисбалансу, який необхідно вирішити. Прогнозовано мова йде про перегляд інфраструктурної складової, яка повинна суттєво зрости. Пов`язано це перш за все з тим, що при формуванні попередніх базових тарифів витрати (собівартість) базувались на фактичних витратах, а не на економічно обґрунтованих. Ситуація недофінансування утримання інфраструктури та й інших елементів перевізного процесу призвела до вкрай тяжкого стану інфраструктури (в т.ч. локомотивного та вагонного парку перевізника). Ще в 2020 році АТ «Укрзалізниця» створено робочу групу з розробки методики з визначення вартості робіт. Її мета - запровадження єдиного підходу до визначення ставок плати на роботи та послуги, пов’язані з перевезенням вантажів, які надаються за вільними (договірними) тарифами. Сформовано оновлений перелік робіт та послуг, пов’язаних з перевезенням вантажів, розроблено технологічний опис до послуг, сформовано технолого-нормувальні карти на ці послуги.

Таким чином, необхідність оновлення тарифної системи вантажних перевезень, встановлення обґрунтованих тарифів є вимогою часу, а дослідження щодо визначення сучасної структури собівартості вантажних залізничних перевезень з урахуванням структури тарифу (інфраструктурна, локомотивна та вагонна складові) на сьогодні є першим (найнеобхіднішим) кроком в цьому напрямі.

1. Стратегія АТ «Укрзалізниця» на 2019–2023 роки. URL: https://agropolit.com/spetsproekty/572--strategiya-at-ukrzaliznitsya-na-2019-2023-roki (дата звернення: 03.10.2022).

2. Запара В.М., Бауліна Г.С., Запара Я.В., Продащук С.М. Обґрунтування необхідності оновлення тарифної системи вантажних перевезень залізничним транспортом України в сучасних умовах. Тези 1-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інтелектуальні транспортні технології»: (Трускавець-Харків, 24-30 січня 2020 р.) Харків: УкрДУЗТ. С. 58-60.

УДК 656.61.052

RESEARCH OF THE SEAWORTHINESS OF THE SHIP USING COMPUTER TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

ДОСЛІДЖЕННЯ МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

Кириченко Костянтин Володимирович

Херсонська державна морська академія,
вул. Канатна, 99, м. Одеса, 65000

В сучасних умовах однією з головних тенденцій мореплавства є забезпечення більш високого рівня мореходної безпеки суден [1]. Актуальність цього завдання визначається тим, що частка роботи морського судна в умовах вітру і хвилювання становить в середньому 65-70% його ходового часу. Одним з ефективних засобів підвищення безпеки штормового плавання є комп'ютеризація контролю мореплавства на судні. Найбільш ефективним напрямком отримання значень показників мореплавства є розрахункові методи, які широко використовуються для оцінки, прогнозу та оптимізації мореплавства в дослідницькому проектуванні і при визначенні параметрів реакції судна на хвилювання.

Процес управління судном має циклічний безперервний характер і протікає в часі та просторі. Для управління безпосередньо рухом обов'язково необхідні наступні дані з автоматизованої навігаційної системи судна:

- мета управління і опис її досягнення (правила, настанови, керівні документи) з особливостями руху суден в даних кліматичних умовах;
- система управління з необхідними параметрами (дані про стан корпусу судна, дані про механізми і обладнання, відомості про маневрені та мореходні якості судна, інформацію про встановлені шляхи руху, райони плавання, про системи суднових повідомлень і службах руху суден, про заходи щодо захисту морського середовища, дані про візуальні і радіотехнічні засоби);
- інформація про зовнішнє середовище (відомості про навігаційні та гідрометеорологічні умови, відомості про порти, дані про поточну погоду і прогноз, дані про поточне положення судна) з урахуванням відомостей, що надходить з наземних систем ведення руху морських суден.

Обробка даних в автоматизованій навігаційній системі здійснюється за допомогою інформаційних, технічних та програмних засобів, що встановлені на судні. Однак невизначеність вихідної інформації і неповнота даних про фізичні картини взаємодії судна з зовнішнім середовищем призводять до необхідності всебічного вивчення особливостей динаміки судна.

Дослідження мореходних якостей та особливостей задач динаміки суден на хвилюванні показують, що математичні моделі, які описують поведінку судна, володіють специфічними властивостями - єдиною структурою і загальною ознакою нелінійності. Для їх створення необхідні складні математичні розробки і використання сучасних обчислювальних засобів.

Таким чином, для розробки ефективних методів аналізу і прогнозу поведінки судна в штормових умовах необхідно мати досить надійні алгоритми перетворення інформації для прийняття обґрунтованих рішень. Формалізація знань може бути здійснена на основі сучасних підходів до організації бортових обчислювальних комплексів. Основну увагу необхідно звертати на контроль і прогноз розвитку екстремальної ситуації в умовах безперервної зміни динаміки судна під впливом зовнішніх хвилювань.

Для підвищення надійності вимірювань в режимі нормальної експлуатації судна використовуються математичні методи планування експерименту. Інформаційна технологія створення бортового обчислювального комплексу передбачає наступні умови організації обчислювального комплексу:

1. Аналіз альтернатив, сценарій розвитку ситуації та прийняття рішень здійснюється в реальному масштабі часу на основі даних динамічних вимірювань, математичного моделювання і структурованої бази даних.

2. Алгоритм і програмне забезпечення реалізуються з урахуванням функціонування системи в реальному масштабі часу, виходячи з допустимого часу реакції.

3. База даних в максимальному ступені пристосована до сприйняття фактичної інформації про поведінку судна на хвилюванні при безперервному зміні динаміки зовнішнього середовища [2].

Сформульовані положення і підхід визначають можливість здійснювати перетворення інформації про динаміку взаємодії судна із зовнішнім середовищем. Вибір і формулювання вирішальних правил і формування процедур аналізу та інтерпретації даних повинні враховувати особливості поведінки судна, як динамічної системи, під впливом зовнішніх випадкових збурень. В цьому випадку при описі предметної області доводиться враховувати особливості функціонування бортового обчислювального комплексу і відобразити:

- поточний стан судна як складної динамічної системи;
- класи допустимих і екстремальних ситуацій об’єкта і зовнішнього середовища;
- закономірності функціонування об’єкта в рамках конкретного стану;
- управляючі впливи, що змінюють стан об’єкта.

Ідентичне відображення такої різноманітної кількісної та якісної інформації пов’язане з використанням інтегрованих моделей представлення знань з можливостями їх представлення на різних рівнях узагальнень. При цьому логічна структура визначає модель об'єкта управління, а продукційна - модель прийняття рішення щодо забезпечення мореходних якостей судна.

Розроблена на основі такого підходу формалізована база даних представляє безліч взаємопов’язаних каналами передачі даних і логічними схемами програмних об’єктів, що імітують динаміку поведінки судна як складної системи. Процес імітації в реальному часі підтримується управляючою компонентою, що координує послідовність обробки модельних і тимчасових подій. При необхідності моделювання складних безперервних процесів додатково використовується система імітаційного моделювання, а інтеграція знань здійснюється на основі спеціально розроблених інтерфейсів.

Пропоновані затвердження дозволяють визнати можливим те, що використання вимірювальної діагностуючої інформації для підвищення достовірності оцінки мореходності поряд з високопродуктивною обчислювальною технікою для реалізації режиму реального часу, а також застосування методів штучного інтелекту, дозволить реалізацію таких структур моделей бортових обчислювальних комплексів, які зможуть забезпечити достовірний опис досліджуваних ситуацій та надійність прийняття практичних обґрунтованих рішень.

Проведений аналіз використання комп'ютерних технологій і систем в задачах дослідження мореходних якостей суден показав, що використовуючи засоби і методи математичного моделювання поведінки судна в умовах безперервної зміни зовнішнього середовища можна обґрунтувати та сформулювати концепцію створення бортового обчислювального комплексу із забезпечення безпеки мореплавання. У рамках сформульованої концепції необхідно створити інструментальні та прикладні програмні засоби генерації вітрохвильових обурень, моделювання динаміки взаємодії судна із зовнішнім середовищем, наповнення та тестування бази знань бортової системи аналізу та прогнозу мореплавних якостей суден, що функціонує у реальному масштабі часу.

1. Yahlytskyi Y.K., Kyrychenko K. V. Systemic issues of navigation safety. Proceedings of the I International scientific-practical conference «Current transport safety issues, in energy, infrastructure (STEI-2021)». pp. 170-172.

2. Яглицький Ю.К., Кириченко К.В. Сучасні комп'ютерні технології і системи в задачах дослідження мореходних якостей суден. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 33 (72) № 2 2022. С. 12-18. DOI: 10.32838/2663-5941/2022.2/03

УДК 656.13

CONDITIONS FOR ENSURING THE EFFICIENCY OF THE CITY TRANSPORT SYSTEM

УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Лифенко Сергій, Понкратов Денис, Севідова Юлія

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002

Для сучасного етапу розвитку суспільства, характерним є стрімке зростання урбанізації населення. За даними звіту ООН більше половини всього населення (55%) наразі живе у містах, а в 2050-му році вказана кількість становитиме близько 68% [1]. На теперішній час 64% усіх пересувань виконується у межах території міських агломерацій, а до 2050 року їхня величина збільшиться втричі [2]. Висока концентрація населення у містах, підвищення їхньої рухомості, зважаючи на супутній розвиток автомобілізації, спричиняє низку транспортних проблем міст. Прояв цих проблем має соціальний, економічний та екологічний аспекти. Насиченість вулично-дорожньої мережі міст легковими автомобілями призводить до виникнення транспортних заторів, зменшення швидкості руху як індивідуального, так і громадського наземного пасажирського транспорту. За таких умов робота транспорту не в змозі забезпечити прийнятний рівень транспортного обслуговування з позиції економії витрат часу на пересування. Не менш важливими є питання забезпечення безпеки дорожнього руху, енергозбереження та зменшення шкідливого впливу транспорту на екологію міського середовища. Так, на транспортний сектор припадає приблизно 27% споживання енергії та викидів CO_2 у світі та приблизно одна третина в Європейському союзі [3]. Підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи шляхом розвитку та реконструкції вулично-дорожньої мережі пов’язано зі значними економічними витратами.

У зазначених умовах виникає потреба у прилаштуванні (адаптації) міської транспортної системи до зростаючого попиту на пересування з позиції забезпечення належної якості життя міського населення.

Під час вирішення транспортних проблем у багатьох містах різних країн світу накопичено значний досвід щодо зменшення негативних наслідків автомобілізації на суспільство. Вони спрямовані на стримування рівня автомобілізації та частоти користування приватними легковими автомобілями. Все більшого поширення зазнає такий методичний напрямок вирішення транспортних проблем міст як управління попитом на транспортні послуги, що має за мету «максимально підвищити ефективність системи міського транспорту шляхом зниження рівня використання приватного транспорту та популяризації ефективніших, сприятливих для здоров’я та довкілля видів транспорту, зокрема громадського та немоторизованого» [4].

Кінцевою метою впровадження заходів з управління попитом на транспортні послуги є заохочення населення до користування альтернативними легковому автомобілю способами пересування для формування збалансованої та ефективної міської транспортної системи. Заходи з управління попитом на транспортні послуги поділяють на ті, що роблять використання приватного автомобіля менш привабливим та ті, що забезпечують привабливість використання інших видів транспорту. Досягнення максимального позитивного ефекту можливе у випадку комплексного застосування методів обох цих груп [4].

Структурну схему формування збалансованої транспортної системи представлено на рис. 1.

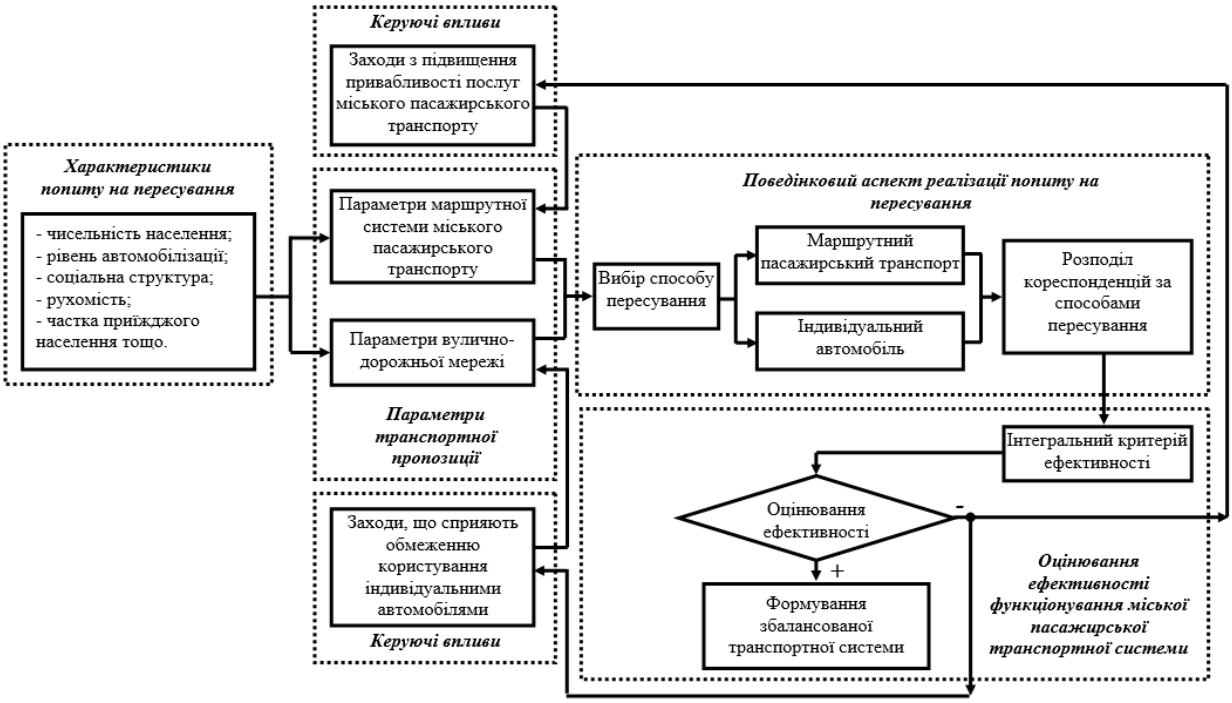


Рис. 1. Структурна схема формування збалансованої транспортної системи

У переважній більшості випадків реальною альтернативою використанню легкового автомобілю для мешканців міст є пересування маршрутним пасажирським транспортом загального користування. Для забезпечення таких умов, щоб водії приватних автомобілів віддали перевагу використанню цієї альтернативи, робота маршрутного пасажирського транспорту має забезпечувати: прийнятні, порівняно з легковим автомобілем витрати часу на пересування, комфортні умови здійснення поїздки, економію грошових витрат.

Під час обґрунтування проектних рішень у сфері міського маршрутного пасажирського транспорту зазвичай процес його функціонування вивчається ізольовано від інших видів транспорту. У такому випадку транспортна система не розглядається з позиції цілісності та ігноруються принципи системного підходу. Також не враховується взаємообумовленість транспортних процесів, як наслідок, проектні рішення виробляються на підставі критеріїв ефективності окремих видів транспорту. Натомість, отримані таким чином рішення, не повною мірою можуть відповідати вимогам системної ефективності. Для транспортної системи властивим є наявність синергетичного ефекту, внаслідок чого максимальна ефективність функціонування окремих елементів системи (видів транспорту) може не відповідати максимальній ефективності системи як єдиного, взаємообумовленого цілого. Збалансованій транспортній системі має відповідати такий розподіл пересувань за способами їхньої реалізації, що забезпечує ефективність роботи транспорту з єдиних системних позицій.

1. Зростання світового населення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.un.org/

2. Lerner W. The Future of Urban Mobility [Електронний ресурс] / Wilhelm Lerner. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_the_future_of_urban_mobility_report.pdf.

3. OECD. Reducing Transport Greenhouse Gas Emissions [Електронний ресурс] / OECD // : Trends & Data. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/10GHGTrends.pdf.

4. Броддус А., Літман Т., Менон Г. Управління попитом на транспортні послуги: інструкція. Ешборн: GTZ, 2009. 136 с.

УДК 656.05

INTELLIGENT TRANSPORT MANAGEMENT SYSTEMS

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ

Никончук Вікторія, Буткевич Олександр

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Транспорт є невід'ємною частиною соціально-економічного розвитку країни, міст та регіонів. У даній області повинні використовуватися найсучасніші технології збору та обробки інформації про параметри транспортних потоків (щільності, швидкості, складі) з метою забезпечення невпинного синхронізованого руху по вулицях і дорогах. Кожного дня з'являються нові вимоги до рівня узгодженості всіх сфер життєдіяльності суспільства - в тому числі в системі транспортних перевезень. Тим часом в останні десятиліття наростає незбалансованість між потребами в транспортних послугах і реальними пропускними здатностями всіх видів транспорту. Можливості екстенсивного шляху задоволення потреб суспільства в нарощуванні обсягів перевезень пасажирів шляхом збільшення чисельності транспорту в значній мірі вичерпані - особливо в великих містах.

Координація діяльності в часі та просторі є ключовим поняттям майже будь-яких логістичних зусиль, саме тому доцільно використовувати термін «синхронізація» у сфері впровадження інтелектуальних транспортних систем.

Синхронізація - це широко вживаний термін у зв'язку з логістичними системами, і він обіцяє підвищити ефективність шляхом координації попиту та пропозиції протягом часу та простору [85]. Синхронізація в логістиці складається в основному із зчепленням двох логістичних елементів або систем у двох вимірах: тимчасова зв'язка, тобто затримка часу між пов'язаними подіями, та зв'язок між результатами, тобто кількісна оцінка співвідношення результатів.

Первинним об'єктом синхронізації в логістиці розглядається потік. У транспортній системі діють складні, багатофакторні, нестаціонарні потокові процеси (пасажирські, матеріальні, інформаційні, фінансові), що вимагають дослідження, опису й наступної оптимізації на основі використання аналітичного моделювання, адаптованого до методів логістичного адміністрування [12]. Саме завдяки сучасним інтелектуальним транспортним системам можна дійти до синхронізації пасажирських потоків, що вирішить багато проблем міст сьогодення.

Інтелектуальні транспортні системи на дорогах - цілий комплекс функціонального обладнання, яке здійснює збір інформації, керування транспортним потоком і інформування учасників дорожнього руху. До таких елементів відносять: дорожні відеокамери, розумні світлофори, детектори транспортного потоку, електронні засоби оплати проїзду, інформаційні табло, автоматизоване управління освітленням, засоби автоматичної фіксації порушень.

Побудова інтелектуальних транспортних систем міста вимагає:

- збору інформації;
- аналізу трафіку;
- моделювання трафіку;
- обміну даними;
- управління дорожнім рухом та ТЗ.

Для роботи розумного міського транспорту необхідні технології, завдяки яким буде вестися обмін даними між центром системи і всіма її компонентами, а також між окремими елементами комунікації. Обов'язковими компонентом будь-якого сучасного транспортного

рішення є інформаційні підсистеми, головне призначення яких полягає в підвищенні доступності інформації для користувачів громадським транспортом, які можна представити як інтелектуальні транспортні системи (рис. 1).

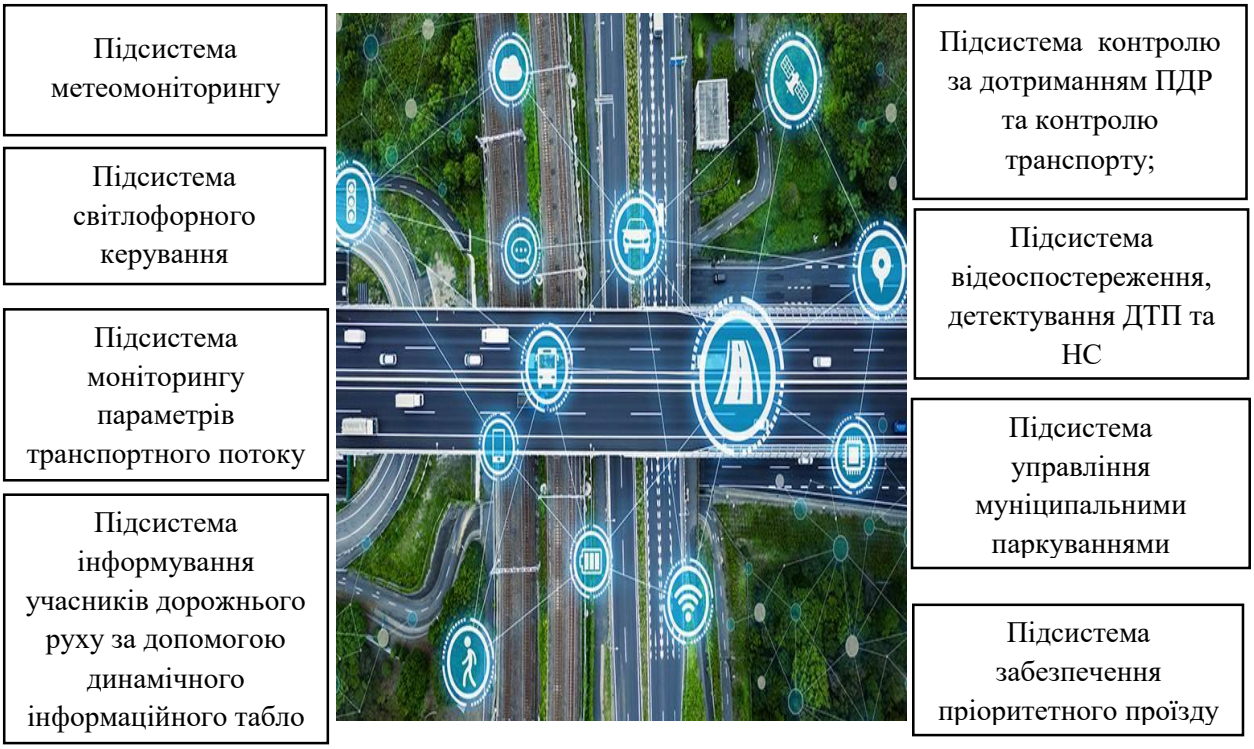


Рис. 1. Інтелектуальні системи управління транспортом

З розвитком інформаційних, комунікаційних та комп'ютерних технологій впровадження даних підсистем забезпечить автоматизований пошук та прийняття до реалізації найбільш можливих сценарії управління транспортною системою міст. Крім того автоматизація транспортної системи забезпечить:

- ефективну роботу доріг, перехресть і автомагістралей за рахунок удосконалення інформаційних технологій;
- ефективне використання транспорту за рахунок удосконаленого управління перевезеннями;
- покращення показників енергоефективності транспортних засобів всіх видів транспорту
- оптимізацію руху приватного та громадського транспорту;
- створення умов для швидкого реагування на ситуацію на дорозі;
- підвищення безпеки руху та мінімізацію кількості ДТП.

Таким чином, використання інтелектуальних транспортних систем сприяє побудові більш надійнішої, безпечнішої та ефективнішої транспортної системи.

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням КМУ №430-р. від 30.05.2018 р. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-р (дата звернення: 08.11.2020)

2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с

3. Никончук В.М. Використання розумних технологій в системі громадського транспорту міста. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і

ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems". Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.93.

4. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112.

5. Інтелектуальні транспортні системи: проблема термінології та формування системи класифікації[Electronic resource] – 2018. – Access mode: https://www.econa.org.ua/index.php/ econa/article/view/1679.

УДК 338.2

REAL-TIME SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГОМ ПОСТАЧАНЬ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Остроушко Валерія, Савченко Лідія

Національний авіаційний університет,
пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058

Theses are devoted to the problem of managing supply chains in real time. The importance of the ability to adapt to changing conditions of the internal and external environment is considered. The capabilities of three main groups of software products for supply chain management - order management, transport management, warehouse management - including their Ukrainian manufacturers are analyzed.

Дані в реальному часі стають все більш затребуваними серед клієнтів, і це означає, що підприємствам у галузі логістики потрібно буде зосередитися на них. У даний час з'явилася велика кількість стартапів, чиї рішення забезпечують прозорість ланцюга постачань, сприяють швидкому реагуванню на зміни, дозволяючи компаніям оперативно керувати у режимі реального часу. Інформація в реальному часі включає схеми переміщення транспорту, погодні умови в певній місцевості, стан доріг або під'їзних шляхів до портів та складів, що дозволяє оптимізувати маршрути доставки тощо [1].

Успішне функціонування ланцюга постачань безпосередньо і напряму залежить від інформації та зв'язку. Щоб бути в курсі ситуації, менеджери ланцюга постачання повинні мати можливість відстежувати рух товарів по ланцюгу постачання, що включає здатність швидко виявляти вузькі місця чи інші проблеми. Ця інформація допомагає менеджерам вирішити, чи слід змінити маршрут руху, перепризначити співробітників або обладнання, призупинити чи активізувати виробництво, збільшити чи зменшити кількість замовлень у постачальника чи вжити інших заходів [2].

Менеджери повинні приймати рішення та реагувати в короткий термін. Для підтримки процесу прийняття рішень і підвищення ефективності компанії використовують низку додатків для управління ланцюгом поставок [3]:

1. Управління замовленнями - Система керування замовленнями отримує та організовує замовлення з кількох каналів продажів, керуючи процесами, включаючи створення замовлень, визначення пріоритетів замовлень, робочі процеси затвердження та керування поверненнями. Це програмне забезпечення також може відстежувати продуктивність постачальника. Слід відзначити українського виробника програмного забезпечення, що пропонує продукт «Бітрікс24» [4], що допоможе виявити ключових замовників, запобігти їх переходу до конкурентів і підвищити середній чек. Основний функціонал: ведення клієнтської бази; розширення бази контактів; фіксація звернень; виставлення рахунків, відправка комерційних пропозицій; обробка замовлень; реалізація програми лояльності.

2. Системи управління транспортом - Система транспортного складу допомагає підприємствам оптимізувати використання перевізників для наземних, повітряних і морських перевезень. Це рішення також відстежує відправлення під час транзиту та може відповідати вимогам глобальної торгівлі, наприклад міжнародним тарифам. Система управління транспортом у поєднанні з технологіями відстеження, такими як GPS та RFID, координує рух автомобілів, причепів, а іноді й піддонів із товарами у місцях виробничих потужностей, складів і центрів розподілу. Ці системи допомагають оптимізувати завантаження та розвантаження товарів, наприклад, спрямовуючи вантажівку до певних дверей складу. Хоча

багатонаціональні підприємства були основними користувачами систем управління транспортом у минулому, хмарні рішення зробили ці переваги більш доступними для невеликих компаній. В Україні однією з найдавнішою та найфункціональнішою з систем управління транспортом є Logist.UA [5]. Відповідний програмний продукт автоматизує процес управління постачаннями, планування маршрутів і моніторингу пересувань автотранспорту підприємства. Упровадження TMS системи Logist.UA від SystemGroup дозволяє в рази скоротити час на планування, оптимізувати маршрути та знизити витрати на ПММ і доставки на 30% й більше.

3. Системи управління складом - Система управління складом допомагає компанії оптимізувати використання складського простору, планувати робочу силу, керувати запасами та виконувати замовлення. Він може керувати співробітниками процесом комплектування, пакування та прикріплення транспортних етикеток на основі найефективнішого для організації методу комплектування замовлення, перерозподіляти замовлення між більш терміновими і тими, які можна виконати пізніше. Слід звернути увагу на хмарні технології в управлінні складом, що пропонує українська компанія ТОВ "ЕС СІ ЕС" - Logisticon WMS [6]. Це хмарна система управління складом без капітальних витрат на IT інфраструктуру та дороге програмне забезпечення. Від впровадження такої системи можна отримати суттєві переваги: високу швидкість підбору замовлень; зниження товарних і фінансових втрат; оперативне усунення помилок розміщення; збільшення пропускної здатності складу; адресне зберігання; оперативне отримання аналітичних даних про стан складу і руху товару.

Отже, в сучасному світі властивість адаптації під зміни, що супроводжують функціонування ланцюга постачання, є необхідною умовою для конкурентоспроможності компаній. Задля забезпечення потреб клієнта компаніям необхідно підлаштовуватися і швидко і вправно реагувати на зміни. Незважаючи на найретельніше планування, більшість основних «інцидентів» у сучасному ланцюзі постачання відбуваються миттєво, а це означає, що залишається мало можливостей для швидкого реагування. Звичайно, багато сучасних компаній розгортають «розумно сплановані» програми та стратегії розподілу, щоб забезпечити своєчасну доставку, а отже, й задоволеність клієнтів. Проте через величезну кількість змінних, які впливають на кожну ділянку ланцюга, компаніям доводиться наздоганяти, реагуючи на вузькі місця, збої чи перешкоди у плануванні та виробництві. Дякуючи новітнім технологіям, що дозволяють отримувати, аналізувати та використовувати дані в режимі реального часу компанії мають можливість швидко змінюватися та підлаштовувати управлінські дії під нові обставини.

1. Інновації в галузі логістики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sfii.gov.ua/innovacii-v-galuzi-logistiki/

2. Endsley, M. R., "The Role of Situation Awareness in Naturalistic Decision Making," in Zsambok, C. E. and Klein, G. (Editor), Naturalistic Decision Making, Lawrence Erlbaum, Mahwah, 1997, pp. 269-284.

3. Abby Jenkins. What is supply chain execution [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/supply-chain-execution-sce.shtml

4. Бітрікс24. Програма для ведення обліку клієнтів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bitrix24.ua/articles/crm_program_clients.php

5. TMS Logist.UA. Система управління транспортом. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://systemgroup.com.ua/uk/rishennya-ta-pz/upravlinnya-dostavkamy/tms-logistua-systema-upravlinnya-transportom

6. Logisticon WMS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ua.scs-it.net/products/simple-wms

7. Prince, C. and Salas, E., "Situation Assessment for Routine Flight and Decision Making," International Journal of Cognitive Ergonomics, Vol. 1, No. 4, 1997, pp. 315-324.

8. Stevens Gr. C. Integrating the Supply Chain / Gr. C. Stevens [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://cc.sjtu.edu.cn/G2S/ eWebEditor/uploadfile/ 20130422113932110.pdf

УДК 656.057

DETERMINATION OF THE CURRENT STATE REGARDING THE FORMATION OF RATIONAL SCHEMES FOR THE DELIVERY OF PERISHABLE CARGO ON THE UKRAINE - POLAND ROUTE

ВИЗНАЧЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ЩОДО ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ НА МАРШРУТІ УКРАЇНА - ПОЛЬЩА

Павленко Олексій, Приходько Андрій

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61001

Продуктивне логістичне обслуговування автотранспортними підприємствами системи доставки швидкопсувних вантажів являється затребуваним як для виробників, незалежно від наявності власного автомобільного парку, так і для перевізника, адже це має визначальний вплив на фінансовий результат та конкурентоспроможність підприємств на ринку, покращує якість задоволення потреб споживачів. Одночасно, формування системи доставки швидкопсувних вантажів потребує сучасної системної методології управління такими принципами постачання, розробка якої недопустима без дослідження їх особливостей. Задоволення потреб населення у якісному продовольстві є важливим соціальним та економічним завданням будь-якої держави. В сфері забезпечення людей продуктами харчування є ряд завдань, які необхідно вирішувати комплексно, оскільки необхідно врахувати інтереси виробників, громадян та перевізників в рамках збереження якісних характеристик продукції.

В 2021 році вартість експорту швидкопсувних товарів між Польщею та Україною виросла до 465093,8 тис. доларів США, що на 240311,36 тис. доларів США більше, ніж роком раніше. Переломний момент настав у 2018 році, коли вартість експорту сягнула 175395,536 тис. доларів США, перевищивши показники 2017 року. (рис. 1).

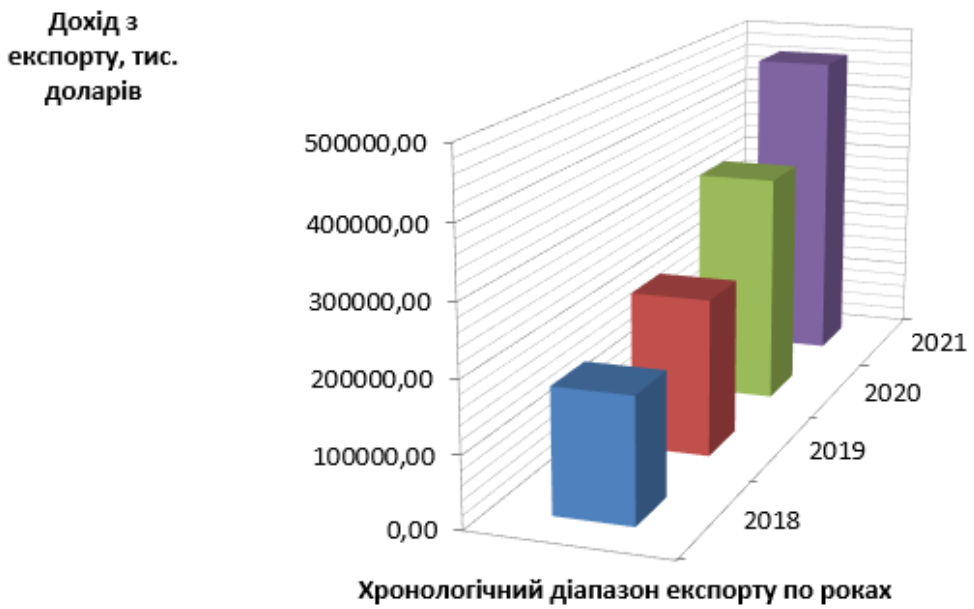


Рис.1. Вартість українського експорту швидкопсувних товарів в 2018-2021 роках

Збільшення темпів торгівлі зафіксовано, зокрема, у таких сегментах: мінеральні добрива, текстильні товари, механічне та електричне обладнання, вироби з металів, і швидкопсувні продукти, зокрема, жири тваринного походження та вироби з молока та м'яса. (рис. 2).

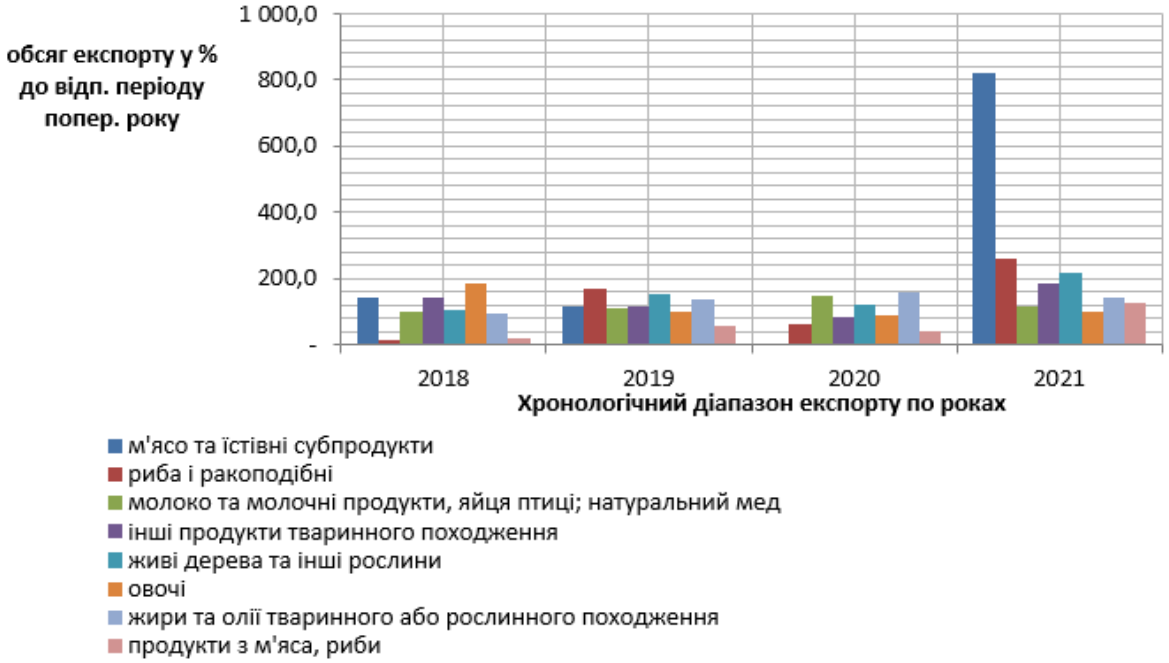


Рис. 2. Обсяг експорту швидкопсувних товарів по категоріям

Із дуже широкого переліку споживчих товарів, значну частку становлять продукти, що відносяться до групи швидкопсувних. Їх список представлений дуже широкою номенклатурою, однак вони відносяться до категорії харчових продуктів, зберігання і транспортування відбувається з певними обмеженнями.

Специфічний режими транспортування та зберігання швидкопсувних вантажів полягає в необхідності підтримки певного температурного режиму з моменту виробництва до моменту споживання. Особливо це стосується харчових продуктів, коли порушення температурного режиму зберігання та перевезення веде до швидкого псування продукції та несе загрозу здоров'ю і життю людини. Перевезення швидкопсувних вантажів вимагає від перевізника максимальної злагодженості на всьому шляху проходження товару і виключення будь-яких затримок. Швидкопсувні вантажі вимагають також особливих умов зберігання на складах. Це враховується при розбудові нових технологій доставки в міжнародному сполученні. Формування раціональних технологій розглядається в багатьох наукових розробках, де приділяється увага: побудові математичних моделей визначення ефективних рішень в сфері постачання продукції [1], визначення раціональних технологій доставки вантажів на основі цифрових рішень [2], формування надійних систем постачання продукції з урахуванням раціонального використання інфраструктури [3].

Таким чином, можна стверджувати, що питання експорту товарів швидкопсувного типу в Польщу з України лишається одним з найактуальніших, оскільки товарообіг включає широкий спектр як харчових продуктів, так і товарів з особливими умовами перевезення і зберігання. Також, актуальною є і необхідність дослідити шляхи підвищення ефективності доставки швидкопсувних вантажів для покращення якості обслуговування клієнтури, що користується послугами спеціалізованого транспорту для перевезення даних видів вантажів.

1. Pavlenko, O., Muzylyov, D., Shramenko, N., Cagáňová, D. & Ivanov, V. (2023). Mathematical Modeling as a Tool for Selecting a Rational Logistical Route in Multimodal Transport Systems. In: Cagáňová, D., Horňáková, N. (eds) Industry 4.0 Challenges in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham., 23-37.

2. García-Reyes, H., Avilés-González, J. & Avilés-Sacoto S.V. (2022) A Model to Become a Supply Chain 4.0 Based on a Digital Maturity Perspective, Procedia Computer Science, 200, 1058-1067.

3. Kopytkov, D., Pavlenko, O. & Kalinichenko, O. (2018). A technique to determine the optimum package of logistic services provided by the transport and logistics centre. Modern Management: Logistics and Education. Monograph. 150-157.

УДК 656.2

INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS OF AUTOMATED CONTROL IN RAILWAY TRANSPORT OF UKRAINE AND EUROPE

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ ТА ЄВРОПИ

Пестременко-Скрипка Оксана, Левчук Олександр, Левчук Тетяна

Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха 7, м. Харків, 61050

Інтеграція європейських залізниць у єдину мережу ускладнюється відмінностями у системах електрифікації; сигналізації, централізації та блокування СЦБ; габаритах рухомого складу та наближення будівель; конструкції зчіпних пристроїв у кожній країні. Несумісність різних систем забезпечення руху поїздів стала серйозною перешкодою для створення єдиної європейської мережі залізниць. Наприкінці 1980-х у Європі налічувалося до 30 різних систем СЦБ. У цей час почав бурхливо розвиватися швидкісний залізничний транспорт. Спочатку склади, що йдуть міжнародними лініями Eurostar, Thalys, оснащувалися системами сигналізації кожної з країн, що ускладнювало роботу локомотивних бригад, а також збільшувало експлуатаційні витрати та ризик виникнення несправностей [1].

Європейська система управління рухом поїздів (ETCS) – комплекс єдиних стандартів, розроблених у рамках міжнародного співробітництва для залізничної автоматики, телемеханіки, зв'язку та диспетчерського контролю. ETCS покликана ліквідувати відмінності в несумісних одна з одною системах сигналізації, централізації, блокування європейських країн, забезпечивши тим самим безперешкодне та безпечне залізничне сполучення на європейському континенті.

Застосування обчислювальної техніки на залізничному транспорті України розпочалося 1950-ті роки, коли ЕОМ переважно використовувалися на вирішення локальних інженерних завдань (складання плану формування поїздів, тягові розрахунки). В результаті успішного застосування обчислювальної техніки для потреб залізниці з'явилася можливість створення системи автоматизації управління перевізним процесом, що включає:

- планування та оперативне регулювання експлуатаційною роботою;
- керування рухом поїздів на ділянці та маневровою роботою на станціях (автоматичне виконання основних функцій поїзного диспетчера, автоматизація розпуску вагонів із сортувальної гірки, регулювання розформування та формування поїздів, прийому та відправлення поїздів на станціях);
- автоматизацію обліку, комерційних операцій та техніко-економічних розрахунків (складання звітності, оформлення перевізних документів, резервування місць у пасажирських поїздах, визначення провізної плати тощо).

Інформаційні системи залізничного транспорту виникли як складові елементи концепції створення автоматизованої системи управління залізничним транспортом (АСУЗТ).

У 1975 році відповідно до затверджених основних положень Генеральної схеми розвитку АСУЗТ було створено автоматизовану систему управління сортувальною станцією (АСУСС), автоматизовану систему оперативного управління перевезеннями (АСОУП), єдиний комплекс інтегрованої обробки дорожньої відомості (ЕК ІОД В) [2].

З того часу ці системи неодноразово змінювалися та підлягали модернізації, але з розпадом СРСР перед українськими залізницями постало питання розробки власного програмно-технічного комплексу АСУ. Кінцевим результатом розробок українських фахівців

стала автоматизована система управління вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ та її аналог для пасажирських перевезень АСУ ПП УЗ [3].

Окрім вищезгаданих систем на сьогоднішній день на залізницях діє близько 1000 автоматизованих систем. Але, незважаючи на високий професійний рівень та ступінь розвитку всіх цих програм, вітчизняна промисловість та наука не стоїть на місці та постійно вдосконалює, доповнює вже існуючі програми та розробляє нові. Останньою та найсучаснішою розробкою українських вчених стала програма АСК ВП УЗ-Є – модернізована версія АСК ВП УЗ.

Незважаючи на переваги цієї системи, що розглядається на сьогоднішній день, після її запуску та встановлення, працює вона не на всіх станціях залізниці. Впровадження та застосування системи потребує значних засобів та зусиль, які неодмінно дадуть результат. До того ж у процесі розвитку системи АСК ВП УЗ-Е вплив людського чинника зменшуватиметься, а технічного збільшуватиметься. А це своєю чергою позначиться на об'єктивності інформації та безпеки [4].

Виходячи з цього, виникає потреба в проведені комплексного дослідження і вирішенні задачі удосконалення інформаційно-керуючих систем прикордонних передавальних станцій за рахунок раціоналізації впровадженої підсистеми АРМ логіста (автоматизоване робоче місце) для забезпечення дотримання логічної послідовності технологічних операцій міжнародних вантажних перевезень на прикордонних передавальних станціях в умовах підвищення якості перевезень і збереженості технічних і експлуатаційних ресурсів.

1. Германюк Ю.М. Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту при виконанні транзитних перевезень вантажів у міжнародному сполученні. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 7-8.

2. Зябиров Х. Развитие электронного документооборота при перевозках грузов в международном сообщении. Железнодорожный транспорт. 2005. №7. С. 12–14.

3. Лаврухін О.В., Долгополов П.В., Петрушов В.В., Ходаківський О.М. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями : навч. посіб. Харків: Тов. Компанія СМІТ, 2011. 118 с.

4. Шворак С. С. Підвищення рівня інтероперабельності вантажних перевезень на прикордонних станціях : дипломна робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 273 – залізничний транспорт / наук. керівник В. В. Малашкін ; Дніпров. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2020. 99 с.

УДК 656.2

DEVELOPMENT OF THEORETICAL FOUNDATIONS FOR INCREASING THE EFFICIENCY PASSENGER SERVICE UNDER THE CONDITIONS OF THE IMPLEMENTATION HIGH-SPEED TRAFFIC

РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Пестременко-Скрипка Оксана, Нестьоркіна Діана

Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха 7, м. Харків, 61050

Радикальний захід у сфері пасажирських перевезень є розвиток мережі швидкісних магістралей, що забезпечить значне зростання обсягів залізничних перевезень, у тому числі за рахунок залучення пасажирів з інших видів транспорту. Це підтверджує і досвід країн Західної Європи, де завдяки підвищенню швидкості руху поїздів залізниці мають перевагу перед авто- та авіатранспортом на відстані 250-500 кілометрів і на рівних конкурують з авіацією в діапазоні 500-1000 кілометрів.

Досвід країн Західної Європи та Японії показує, що найбільшої швидкості руху – 200–350 км/год – можна досягти, організуючі високошвидкісний рух поїздів на спеціалізованих високошвидкісних магістралях. Проте їх будівництво і виробництво спеціалізованого рухомого складу вимагає великих капіталовкладень, бо їм має передувати будівництво окремих швидкісних магістралей. Такі нововведення є досить дорогими, але вони допоможуть підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту серед інших видів транспорту в Україні.

Швидкісні залізниці розглядаються як такі, що мають природну перевагу на ринку пропозиції прямого сполучення до центру міста (більшість пасажирів подорожують з міста в місто, а також із забезпечення сполучення з великими аеропортами для міжнародних пасажирів [1]. Ці швидкісні та високошвидкісні залізничні пасажирські перевезення успішно конкурують у плані загального часу в дорозі від пункту до пункту, що пропонується повітряним транспортом де додатковий час реєстрації і переїзд до центра міста знижують швидкість подорожі повітряним транспортом.

У залізничних сполучень є та перевага, що внаслідок збільшення кількості проміжних зупинок окремих потягів (навіть з деяким невеликим збитком для маршрутної швидкості) можна охопити високошвидкісним сполученням міста, що знаходяться між кінцевими пунктами маршруту і, отже, залучити додаткових пасажирів.

Але незважаючи на комфортабельність високошвидкісних експресів, вони виявляються недоступними для великої категорії людей з низьким рівнем доходів. На відносно коротких маршрутах перевага високошвидкісних поїздів зовсім нівелюється високою вартістю проїзду. Поява поїздів з різними швидкостями руху дасть змогу пасажирам купувати дешевші квитки на «повільні» потяги, а також збільшить кількість зупинок.

В останні роки культура населення України поступово зростає, що позначилося на підвищенні попиту на швидкісні та комфортні перевезення. Але низька платоспроможність більшості населення ще не дозволяє усім пасажирам користуватися швидкісними перевезеннями.

У таб.1 наведені фактори впливу на розвиток швидкісного руху в Україні, які по-різному впливають на його впровадження.

Таблиця 1

Фактори впливу на впровадження швидкісного та високошвидкісного пасажирського руху

Загальна характеристика території країни та економіки	Характеристика інфраструктури залізничного транспорту	Характеристика населення
- кількість населення та густота проживання; - стан економіки та економічного потенціалу; - розвиток промисловості, ринкових відносин та інвестиційного клімату	- стан залізничної інфраструктури; - транзитний потенціал країни в пасажирському русі	- життєвий рівень та платоспроможність різних прошарків населення; - попити на залізничні перевезення; - стан культури населення та її розвиток

Ефективна реалізація високошвидкісного руху можлива тільки за умови вкладення значних коштів, які може виділити держава та вітчизняні і закордонні приватні інвестори.

На сьогоднішній день першим конкурентом в пасажирських перевезеннях є автомобільний транспорт. Автомобільний транспорт залучає потенційних пасажирів оперативністю, гнучкістю зміни маршрутів і розкладу руху, порівнянністю цін та часом знаходження у дорозі.

Згідно з проведеним порівняльним аналізом часу та вартості проїзду залізничним і автомобільним транспортами на основних напрямках по станції Х-П можливо зробити висновок, що на далекі відстані вигідніше подорожувати залізничним транспортом, на короткі відстані – залізничний та автомобільний транспорт приблизно однакові за ціною та часом поїздки [2].

Істотний вплив швидкісного залізничного транспорту здійснюють і деякі якісні особливості перевезень різними видами транспорту, наприклад, зручність безпересадочних поїздок від місця відправлення до місця призначення. Додатковою зручністю є і те, що вокзали розташовані, як правило, в центрі міст. Завдяки цим перевагам швидкісних пасажирських поїздів з введенням їх в експлуатацію відбувається перерозподіл пасажиропотоків на користь залізничного транспорту.

Таким чином, завдяки значним перевагам в порівнянні з іншими видами транспорту (економічність, високий рівень безпеки і комфорту), швидкісні залізниці отримують все більше поширення. На сьогоднішній день швидкісний і високошвидкісний рух – це перспективний напрямок розвитку транспорту.

1. Програма Європейського Союз для України Підтримка Інтеграції України до ТрансЄвропейської транспортної мережі ТЄМ-Т. РК2 Швидкісний залізничний транспорт. Заключний звіт 2.1.-2010 [Електрон. ресурс] - URL: http://ten-t.org.ua/data/upload/publication/main/ua/517/.

2. Пестременко-Скрипка О.С., Грицюк М. Підвищення ефективності роботи пасажирського комплексу залізничного транспорту [Електронний ресурс]. – URL:: http://kart.edu.ua/images/stories/novunu/20-11-2018/tez.pdf

УДК 658.8

БЕНЧМАРКІНГ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ КОМПАНІЙ

BENCHMARKING OF TRANSPORT AND FORWARDING COMPANIES

Плекан Уляна, Рожко Наталя

*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,
вулиця Руська, 56, Тернопіль, Тернопільська область, 46001*

Benchmarking as an effective management tool of transport and forwarding enterprises at the current stage of development was described. The step-by-step process of segmentation of the transport and forwarding services market was presented.

Важливим фактором інтеграції вітчизняних транспортно-експедиторських підприємств на світовий ринок в умовах глобалізації є забезпечення рівноправних умов діяльності суб'єктів транспортно-експедиторської діяльності. Ефективним інструментом управління транспортно-експедиторських підприємств на сучасному етапі розвитку залишається бенчмаркінг.

Підхід забезпечує виявлення лідерів транспортно-експедиторської діяльності задля підвищення ефективності функціонування підприємств з незадовільними результатами роботи. Останнє висвітлює бенчмаркінг пріоритетним інструментом підвищення конкурентоспроможності підприємств транспортно-експедиторського сектору в умовах глобалізації.

У класичному розумінні дефініція «бенчмаркінг» розглядається як спосіб аналізу та оцінки діяльності організації порівняно з основними підприємницькими організаціями-конкурентами з метою ідентифікації свого місця на ринку. Метод характеризується структурованістю, динамічністю та системністю. Застосовується як в оперативному управлінні, так і при стратегічному плануванні діяльності.

Бенчмаркінг є діяльністю, яка передбачає застосування аналогій при порівнянні показників діяльності, тому від коректного встановлення критеріїв відбору показників і процесів залежить успішність застосування даного методу. При співставленні характеристик декількох підприємств важливим є також можливість вимірювання останніх, що уможливлює їх наступне удосконалення на основі отриманих проаналізованих даних.

Результатом використання методу є покращення показників роботи підприємства з урахуванням інформації про результати і особливості діяльності конкурентів. Таким чином, основною потребою у застосуванні бенчмаркінгу є формування шляхів підвищення конкурентоспроможності за допомогою впровадження вже вивчених дієвих практик функціонування підприємств, які укорінилися в лідерів ринку даної сфери діяльності.

Методології бенчмаркінгу досить ефективні у відношенні до підприємств транспортно-експедиторської діяльності. Зазначимо, що створення конкурентного середовища серед приватних транспортно-експедиторских фірм сприяло модернізації рухомого складу і підвищенню якості пропонованих послуг.

Зазначимо, що бенчмаркінг як дієвий управлінський інструмент може забезпечувати різні запити транспортно-експедиторских фірм, зокрема:

− мінімізацію витрат;
− покращення якості надання послуг споживачам;
− підвищення конкурентної позиції на ринку;
− визначення слабких місць процесу транспортування;
− розробку та використання нових ідей;

Сегментування ринку за основними конкурентами допомагає визначити, які фірми займають лідируючі позиції серед існуючих компаній і, таким чином, окреслити основні фактори успішності останніх.

Перед використанням методу бенчмаркетінгу підприємство проводить самоаналіз та формує інформацію щодо кінцевих цілей, доступних ресурсів, часових меж проведення бенчмаркетінгу, наявності спеціалістів із досвідом впровадження бенчмаркінгу, потреби в додатковому залученні спеціалістів чи додаткових ресурсів.

Поетапний процес сегментування ринку транспортно-експедиторських послуг варто представити таким чином:

1) формування мети і цілей кластерного аналізу, що включає моніторинг внутрішньої та зовнішньої інформації про діяльність компаній на основі системного аналізу. Результатом першого етапу є вибірка даних, яка є основою проведення кластеризації;

2) вибір тих змінних параметрів, які найточніше відображають однакові ознаки досліджуваних об'єктів. Переважно при виконанні кластерного аналізу використовуються три основні типи змінних, а саме: якісні, кількісні, рангові. Виникає потреба у нормуванні даних через розходження одиниць вимірювання показників, при цьому середнє значення даних по параметру дорівнює нулю, а дисперсія – одиниці;

3) статистичне опрацювання даних шляхом визначення міри подібності аналізованих показників з врахуванням відстані між останніми, яке може бути виражене за допомогою: коефіцієнта кореляції, коефіцієнта асоціативності або імовірнісного коефіцієнта подібності, за допомогою «манхеттенської» відстані, звичайної Евклідової відстані, зваженої Евклідової відстані або Хеммінгової відстані;

4) проведення ієрархічної агломеративної процедури для створення груп подібних об'єктів. Зазначимо, що процедура кластеризації допускає не тільки ієрархічний спосіб обробки даних (агломеративний або дивізимний), але і неієрархічний. Основним завданням даного етапу є об'єднання груп об’єктів у класи з урахуванням прийнятої відстані. Подібність між класами об'єктів вираховується за допомогою принципу «найближчого сусіда», «далекого сусіда» або «середньої зв’язку»;

5) створення дендрограми на основі матриці подібності чи відмінності, яка визначає рівень спорідненості між парами об'єктів. Дендрограма забезпечує краще візуальне зображення взаємозв'язків між об'єктами дослідження.

6) проведення кластеризації за допомогою методу к-середніх. Метод к-середніх дозволяє оцінити, наскільки об’єкти відрізняються один від одного та визначає середні показники для кожного кластера. Це дозволить зробити оцінку діяльності транспортно-експедиційних підприємств, визначити вплив кожної змінної на загальну продуктивність і окреслити фактори успіху лідируючих підприємств;

7) презентація отриманих результатів і пропозиції щодо підвищення конкурентоспроможності транспортно-експедиторських компаній в умовах глобалізації.

Таким чином, процес бенчмаркінгу на основі кластерного аналізу дозволить визначити групи компаній, які є основними конкурентами всередині кожного кластеру на транспортно-експедиторському ринку, виявити лідерів і розробити стратегічні напрямки для забезпечення достатнього рівня конкурентоспроможності.

УДК 711.656

STREET AND ROAD NETWORK`S CAPACITY INCREASING METHODS

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Прусов Дмитро, Дубова Світлана

Інститут інноваційної освіти
Київського національного університету будівництва та архітектури,
Вул. Освіти, 4, м. Київ, 03037.

The approach to the calculation of the city network capacity is represented. The main methods of capacity increasing are discussed.

Неминуче зростання сучасних міст характеризується накопиченням транспортних засобів на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міст. Це призводить до невідповідності між пропускною здатністю ВДМ та кількістю транспорту, що виявляється у зростанні витрат часу на переміщення до основних об’єктів міста, зростанні аварійності, порушенні екологічної рівноваги навколишнього середовища міста, економічними втратами. Таким чином, життєздатність міста безпосередньо залежить від ефективності функціонування транспортної інфраструктури міста, яка представляється у вигляді триєдиної системи, що об’єднує підсистеми ВДМ, транспортних засобів та населення. Кожна підсистема має показник, що відображає її відповідність іншим. Для ВДМ таким показником є пропускна здатність N. Кількість транспортних засобів U на ВДМ повинно відповідати величині її пропускної здатності $U<N$. В реальності, як правило, така залежність порушена через несистемний підхід до вирішення питань стосовно транспортної інфраструктури міста, що стикається з необхідністю реконструктивних та організаційних заходів відносно ВДМ. Постійна зміна дорожньої обстановки в першу чергу потребують постійного оновлення інформації про транспортні потоки.

Для оперативного впливу та прийняття рішень на всіх рівнях містобудівного проектування необхідно мати реальну інформацію про величини інтенсивності руху транспорту на ділянках ВДМ. Процедура отримання інформації про ВДМ та оцінки її стану проходить кілька етапів:

- Експериментальні дослідження інтенсивності руху транспорту, планувальних характеристик та особливостей організації дорожнього руху (ОДР) на ділянках ВДМ.
- Обробка експериментальних даних, розрахунок інтенсивності руху у годину пік.
- Визначення рівня завантаження ділянок ВДМ.
- Экспертно-нормативна оцінка та прийняття рішень про необхідність реконструктивних або організаційних заходів.

Дослідження інтенсивності руху транспорту та пішоходів на ВДМ у м. Києві проводяться з 2009 року по теперішній час студентами та співробітниками кафедри міського будівництва КНУБА та кафедри будівництва та інформаційних технологій ВСП ІІНО КНУБА за розробленою методикою [1]. Виміри інтенсивності руху проведені у робочі дні с 9 до 19 години на спеціальному обліковому бланку. В залежності від мети дослідження час вимірів складає від 20 хвилин до 1 години для перехрестя на кожному вхідному каналі для всіх направлень руху, для перегону – у двох направленнях посередині ділянки.

Процедура обробки отриманих даних проходить кілька етапів:

А). Визначення величини приведеної інтенсивності руху.

Інтенсивність руху транспорту, що представлена у фізичних одиницях, переводиться у приведені за допомогою середніх коефіцієнтів приведення по різних видах транспорту до легкового автомобіля: легковий автомобіль – 1, вантажний автомобіль – 2, автобус – 2,5, тролейбус – 3.

Б). Визначення середньодобової інтенсивності руху.

Середньодобова інтенсивність руху транспорту визначається множенням величини вибіркової інтенсивності руху (20 хвилин - 1 година) на коефіцієнти нерівномірності її розподілу у часі за рік:

K_1 - коефіцієнт нерівномірності розподілу інтенсивності руху всередині години;

K_2 – коефіцієнт нерівномірності розподілу інтенсивності руху по годинах доби;

K_3 – коефіцієнт нерівномірності розподілу інтенсивності руху по днях тижня;

K_4 – коефіцієнт нерівномірності розподілу інтенсивності руху по місяцях року;

K_5 – коефіцієнт, що враховує частку транспорту в нічний час доби с 0 до 6.

В). Визначення інтенсивності руху у годину пік. Інтенсивність у годину пік визначається, як 8 - 10% від середньодобової інтенсивності руху:

Отримані дані дають можливість визначити навантаження від транспортних потоків на ділянки ВДМ: перехрестя та перегони.

Г). Визначення рівня завантаження.

Рівень визначається коефіцієнтом завантаження ділянки ВДМ:

$$\eta = U / N,$$

де U – інтенсивність руху транспорту у годину пік, од/г;

N – пропускна здатність, од/г.

Розрахункові значення показника рівня завантаження визначають рівень функціонування із такими показниками: η = 0,0 - 0,8 (ділянка ВДМ працює в нормальному режимі, η = 0,8 - 1,0 (ділянка ВДМ працює на межі можливості), $\eta \geq 1{,}0$ (ділянка ВДМ вичерпала пропускну здатність).

В умовах міста пропускна здатність ділянок ВДМ визначається в залежності від режиму роботи світлофорного регулювання. Довжина червоного, жовтого та зеленого сигналів є основою для розрахунків пропускної здатності перехресть та суміжних перегонів.

Пропускна здатність перехрестя із світлофорним регулюванням залежить від довжини зеленого сигналу в загальному циклі світлофорного об'єкту та кількості смуг, та визначається сумою пропускних здатностей направлень, що входять до нього.

Коефіцієнт завантаження η був визначений на 234 перехрестях м. Києва, 70% із них є регульованими.

Аналіз результатів показав, що вичерпання пропускної здатності ($\eta \geq 1{,}0$) відбулося:

- регульовані перехрестя лівого берега – 66 % випадків;
- регульовані перехрестя правого берега – 56 % випадків;
- саморегульовані перехрестя – 86 % випадків.

Перехрестя із світлофорним регулюванням, що працюють на межі можливостей (η = 0,8 – 1,0):

- регульовані перехрестя лівого берега – 31 %;
- регульовані перехрестя правого берега – 28 %;
- саморегульовані перехрестя – 14 %.

Таким чином, для 90 % регульованих перехресть и 100% саморегульованих м. Києва пропускна здатність вичерпана або буде вичерпана за кілька років.

Призначення заходів для збільшення пропускної здатності ділянок ВДМ проходить кілька етапів:

- на рівні першочергових (5 років) або організаційних із застосуванням методів організації дорожнього руху;
- на рівні перспективних (5 – 10 років) або реконструктивних, що пов'язано зі змінами планувальної схеми ділянки.

Для визначення строків введення організаційних або реконструктивних заходів необхідно постійний моніторинг за транспортними потоками з метою виявлення вузьких місць на ВДМ.

Нормативні документи [3,4] не дають чітких рекомендацій, генплан [2] і комплексна схема розвитку транспорту застаріли та не відповідають дорожньо-транспортній ситуації, що швидко змінюється. На практиці кожна ділянка ВДМ розглядається окремо, рішення про будь-які зміни приймається без системного підходу до прийняття цих рішень.

Практика підтвердила, що підвищення пропускної здатності ділянок ВДМ на першочергової стадії можливо при використанні гнучкої системи світлофорного регулювання та при координації роботи світлофорних об'єктів. Такі можливості представляються автоматизованими системами управління дорожнім рухом (АСУДР) із функціями моніторингу транспортних потоків та формування довжини сигналів світлофорного регулювання, управління потоками с точки зору визначення різних швидкісних режимів. Наступні зміни планувальних схем перехресть (місцеве розширення проїзної частини, створення шлюзів для потоків, що повертають, та кишень для загально міського пасажирського транспорту, будівництво транспортних розв'язок в різних рівнях) не суперечить АСУДР та дають можливість системно збільшити пропускну здатність ВДМ на території міста.

1. Рейцен Є.О. Організація і безпека міського руху: навчальний посібник / Є.О.Рейцен. - К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2014. - 454 с.

2. Генеральний план м. Києва до 2025 року. Концепція стратегічного розвитку м. Києва. Київ, 2011.

3. ДБН Б.2.2-12:19. Планування і забудова територій. - К.: Мінрегіон України, 2019. 179 с.

4. ДБН В.2.3-5-2018. Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 55 с.

5. Інтернет-ресурси.

УДК 629.47

RISK ANALYSIS OF THE ACTIVITIES OF TRACTION ROLLING STOCK DRIVERS

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ МАШИНІСТІВ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

проф. Пузир Володимир, доц. Дацун Юрій, асп. Козленко Віталій
Prof. Puzyr Volodymyr, Assoc.Prof. Yuriy Datsun, Asst. Vitaly Kozlenko

Український державний університет залізничного транспорту
площа Фейєрбаха, 7, Харків, Харківська область, 61001
Ukrainian State University of Railway Transport,
Feuerbach Square, 7, Kharkiv, Kharkiv region, 61001

У роботі проводиться аналіз ризиків діяльності машиністів тягового рухомого складу з метою отримання її характеристик та визначення рівня ризиків. Наводяться основні порушення і помилки машиністів тягового рухомого складу. Для аналізу ризиків діяльності машиністів тягового рухомого складу пропонується використовувати метод Failure Mode Effect Analysis – FMEA".

Annotations The paper analyzes the risks of traction rolling stock drivers in order to understand its nature and characteristics and, if necessary, determine the level of risks. The main violations and errors of traction rolling stock drivers are given. To analyze the risks of traction rolling stock drivers, it is suggested to use the "Failure Mode Effect Analysis (FMEA)" method.

Залізничний транспорт є складною техногенною системою, функціонування якої супроводжується різного роду ризиками, наслідки яких можуть призводити до випадків пошкодження, часткового або повного знищення рухомого складу, вантажу, майна фізичних і юридичних осіб та інших майнових об’єктів, часткової або повної втрати працездатності, смерті пасажирів, працівників залізниці та третіх осіб, завдання шкоди навколишньому середовищу [1]. При цьому у виконанні основної функції залізничного транспорту – перевезення вантажів та пасажирів – ключову роль відіграє машиніст, який безпосередньо відповідає за управління та безпеку руху поїзда у межах своєї компетенції. У сучасних умовах діяльність машиніста поїзда набуває особливої актуальності, якщо враховувати тотальне старіння парку тягового рухомого складу (ТРС), погіршення його технічного стану, зростання морально-психологічного та професійно-технологічного навантаження на локомотивні бригади [2, 4].

В таких умовах цілком раціонально застосувати методологію ризик-менеджменту, що являє собою систему управління ризиками на основі процесу їх ідентифікації, оцінки та аналізу, а також вибору і використання методів нейтралізації їх наслідків, спрямовану на досягнення необхідного балансу між стратегічними можливостями підприємства та рівнем ризику, знаходження оптимального співвідношення між високим рівнем ризику, що може призвести до банкрутства підприємства, та повною відмовою від нього, що призводить до втрати конкурентоспроможності. В системі управління підприємством система ризик-менеджменту покликана стати складовою частиною підсистеми менеджменту організації, тобто має бути інтегрована в її загальну політику, плани роботи та діяльність. Виконання цієї умови застосування системи ризик-менеджменту є дієвим процесом [3].

Згідно вимог міжнародного стандарту ISO 31000:2018 процес менеджменту ризиками передбачає систематичне застосування політик, процедур та дій щодо обміну інформацією та консультування, визначення середовища, а також щодо оцінки, обробки ризику, моніторингу, перегляду, документування ризиків та підготовки звітності. Процес оцінки ризику має охоплювати процедури його ідентифікації, аналізу та порівняльної оцінки.

Метою аналізу ризику - визначення подій, які можуть допомогти чи завадити організації досягти своїх цілей. Для аналізу ризиків важливо використовувати доречну, застосовну та актуальну інформацію, а також різноманіття методів аналізу ризиків, наведених у стандартах, в науковій та учбовій літературі незважаючи, що універсального методу не існує. В залежності від поставлених цілей моніторингу ризиків, специфіки процесів виробництва, сторін діяльності локомотивного депо і ситуацій, які розглядаються, деякі з методів не можуть бути застосовні або, навпаки, необхідно використовувати комбінаційний підхід, щоб оцінити ризики, що мають широкий діапазон причин і наслідків.

Для аналізу пропонується використовувати метод «Аналізу видів і наслідків відмов (Failure Mode Effect Analysis – FMEA)» [5]. призначений для ідентифікації видів відмов та оцінювання ризиків, пов'язаних, у тому числі, із помилковими діями працівників.

У якості вхідної інформації, необхідної для подальшого аналізу, використовується технічна інформація про виробниче обладнання, технологічний процес, а також статистична інформація стосовно відмов, що призвели до травмування працівників, несправностей обладнання чи інших небажаних подій.

Для виявлення виробничих ризиків у діяльності машиністів ТРС можливі невідповідності, що можуть спричинити істотний вплив на рівень безпеки і режиму роботи. Пріоритетне число ризику (R) – це узагальнена кількісна характеристика небезпеки певної невідповідності, яка отримана на базі експертних оцінок рангів значущості усіх показників (табл. 1).

$$R = S \times O \times D \tag{1}$$

де S – бальна оцінка значимості невідповідності у аспекті безпеки;

O – бальна оцінка можливості виникнення невідповідності на робочому місці, що розглядається;

D – бальна оцінка можливості виявлення невідповідності із метою своєчасного попередження реалізації небезпеки.

Таблиця 1

Контрольний лист Failure Mode Effect Analysis

Події від якої виникає ризик	Наслідки цих подій	*S*	*O*	*D*	*R*
Порушення вимог НД з безпеки руху					
Проїзд заборонного сигналу	Нанесення істотних матеріальних збитків з травмуванням чи загибеллю людей	10	4	6	240
Перевищення встановленої швидкості руху.		10	6	6	360
Порушення порядку випробування автогальм та перевірки їх дії на шляху прямування.		10	6	4	240
Наїзд на людину, або зіткнення з автотранспортом чи іншою самохідною машиною	Нанесення матеріальних збитків з травмуванням чи загибеллю людей	9	4	7	252
Порушення вимог НД з експлуатації ТРС					
Експлуатація ТРС з вузлами, технічний стан яких не відповідає вимогам НД та впливає на безпеку руху	Нанесення матеріальних збитків з травмуванням чи загибеллю людей	9	4	7	252
Експлуатація ТРС з вузлами, технічний стан яких не відповідає вимогам НД та не впливає на безпеку руху	Затримка в графіку роботи або припинення роботи на невизначений термін.	7	6	6	252
Помилки у виборі раціональних режимів ведення поїзда					
Збільшення витрат ПЕР на тягу поїздів	Перевитрати ПЕР	4	5	5	100
Порушення графіку руху поїздів	Витрати на затримки в русі	5	4	5	100

В таблиці 1 показані події які входять до основних порушень та помилок, що були визначенні в процесі ідентифікації ризиків діяльності машиністів ТРС. З наведеного розподілу видно, що найбільшу оцінку отримали події, пов'язані з порушенням машиністів режимів експлуатації тягового рухомого складу, а також вимог НД з безпеки руху. В таблиці 2 показано середній арифметичний бал ризику та ймовірність його появи.

Таблиця 2

Середній арифметичний бал ризику та ймовірність появи

Подія від якої виникає ризик	Наслідки цих подій	*R*	*Rсер*	*P*
Порушення вимог НД з безпеки руху				
Проїзд заборонного сигналу	Нанесення істотних матеріальних збитків з травмуванням чи загибеллю людей	240	273	27,3
Перевищення встановленої швидкості руху.		360		
Порушення порядку випробування автогальм та перевірки їх дії на шляху прямування.		240		
Наїзд на людину, або зіткнення з автотранспортом чи іншою самохідною машиною	Нанесення матеріальних збитків з травмуванням чи загибеллю людей	252		
Порушення вимог НД з експлуатації ТРС				
Експлуатація ТРС з вузлами, технічний стан яких не відповідає вимогам НД та впливає на безпеку руху	Нанесення матеріальних збитків з травмуванням чи загибеллю людей	252	252	25,2
Експлуатація ТРС з вузлами, технічний стан яких не відповідає вимогам НД та не впливає на безпеку руху	Затримка в графіку роботи або припинення роботи на невизначений термін.	252		
Помилки у виборі раціональних режимів ведення поїзда				
Збільшення витрат ПЕР на тягу поїздів	Перевитрати ПЕР	100	100	10
Порушення графіку руху поїздів	Витрати на затримки в русі	100		

Проведений аналіз ризиків діяльності машиністів ТРС показав, що події які виникають в основних порушеннях і помилках машиністів, мають негативні сценарії розвитку, які в свою чергу можуть призводити до загибелі чи травмування людей, та значних матеріальних збитків.

Наступним кроком в цьому напрямку має стати порівняльна оцінка ризику у тому, щоб отриманий результат аналізу події від яких виникають ризики, що має кількісну або якісну оцінку, необхідно порівняти його з критерієм прийнятності ризику.

1. Рачинська А.В. Класифікація ризиків на залізничному транспорті як основа формування системи економічної безпеки його функціонування. Економіка і суспільство. № 6. 2016 р. с. 81-87.

2. Самсонкин В.Н., Петинов Я.П. Исследование особенностей деятельности машиниста поезда в современных условиях: взгляд изнутри профессии. Восточно-Европейский журнал передовых технологий № 6/3 (78) 2015. С. 40-45.

3. Сосновська О.О., Деденко Л.В. Ризик-менеджмент як інструмент забезпечення стійкого функціонування підприємства в умовах невизначеності. Європейський науковий журнал Економічних та Фінансових інновацій. 2019. Т. 1. №. 3. С. 70-79.

4. Каменєв О.Ю. Проблематика підходів до дослідження безпеки використання ергатичних систем керування на залізничному транспорті. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2013. Вип. 2. С. 7-16

5. Менеджмент риска методи оцінки ризику ГОСТ Р ISO/IEC 31010 — 2011.

УДК 656.071.31

MANAGEMENT STRUCTURE OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

СТРУКТУРА УПРАВЛІННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Сорока Валерій, Дорощук Вікторія

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Одним з суттєвих організаційно-управлінських чинників, що зумовлюють стан внутрішнього середовища підприємства, є організаційна структура управління, під якою розуміється упорядкована сукупність взаємопов'язаних елементів, які знаходяться між собою в сталих відношеннях, що забезпечують їх функціонування і розвиток як єдиного цілого [3].

Питання побудови організаційних структур підприємств є предметом дослідження наукових праць багатьох відомих вчених, зокрема О. Криворучко, А. Мазаракі, Б. М. Андрушкова тощо. Поза увагою залишається напрями оптимізації організаційних структур управління, що відповідають сучасній структурі управлінської діяльності автотранспортних підприємств.

В результаті організованого проектування формуються організаційні структури управління певних видів. Під організаційною структурою управління розуміють впорядковану сукупність підрозділів, яка дає змогу управляти організацією, взаєминами та підпорядкованістю цих підрозділів. Склад і розміщення підрозділів має забезпечувати виконання всіх функцій управління.

Організаційну структуру управління утворюють:

1. Кількість і види ланок управління кожного рівня;
2. Взаємне розміщення, зв’язки і підпорядкованість ланок;
3. Завдання, права, обов’язки, повноваження і відповідальність кожної ланки в межах виконання загальних та спеціальних функцій управління;
4. Чисельність і професійно-кваліфікаційний склад працівників;
5. Ступінь централізації та децентралізації управління.

Структура управління підприємством формується згідно зв’язків, що існують між службами та органами управління. Кожне підприємство має власну організаційну структуру управління в якій виділяють лінійні, функціональні зв’язки та зв’язки пов’язані з передачею спеціалізованих повноважень. Сукупність лінійних та функціональних органів утворюють організаційну структуру управління.

На процес формування структури управління впливає багато факторів, найважливішими з яких є: розмір підприємства; форма підприємницької діяльності; вид діяльності [2].

Проаналізувавши погляди на формування організаційної структури автотранспортного підприємства можна виділити завдання структурних підрозділів підприємства: організація, управління, виконання та контроль за перевезеннями відповідно до плану і завдань; матеріально-технічне постачання підприємства; зберігання, технічне обслуговування і ремонт рухомого складу; підбір, розподіл обов’язків, підвищення кваліфікації персоналу; організація праці, планування й облік виробничо-фінансової діяльності тощо. Можна зробити висновок, що ефективність роботи підприємства в цілому залежить від того, як узгоджена взаємодія між структурними підрозділами.

До основних видів структур управління організаціями відносять: лінійні; функціональні. Спроба використати переваги та подолати недоліки лінійних і функціональних структур, призвела до виникнення комбінованих структур управління: лінійно-штабна; лінійно-

функціональна; дивізійні (бюрократичні): продуктові, споживчі, територіальні; адаптивні: проектні, матричні.

В процесі побудови організаційної структури управління виникає проблема або концентрації або розподілу повноважень, що призводить або до централізації або децентралізації організації. Централізація – це концентрація прав прийняття управлінських рішень і зосередження повноважень в найвищому рівні керівництва організацією. Децентралізація – це передача або делегування повноважень на нижчі рівні управління організацією. Вибір між централізацією і децентралізацією – це проблема вибору оптимальної конструкції організації.

Організаційна структура автотранспортного підприємства залежить від типу підприємства, прийнятої системи управління експлуатацією рухомого складу, розмірів автотранспортного підприємства, структури перевезень, конкретних особливостей роботи підприємства [4].

Ефективність організаційної структури оцінюється комплексом показників. Загальний критерій ефективності організаційної структури автотранспортного підприємства – це його стійке економічне положення і високий статус на ринку транспортних послуг. Тому в якості узагальнюючих показників ефективності організаційної структури управління може бути використаний тимчасовий ряд показників, які характеризують динаміку кінцевих результатів діяльності АТП. До показників ефективності організаційної структури можна віднести:

- оперативність прийняття управлінських рішень, яка може бути кількісно оцінена рівнем безвідмовності процесів перевезення вантажів та пасажирів. В якості показників розглядаються: несвоєчасна доставка вантажів (перевезення пасажирів), втрата часу на лінії, не вихід автомобіля на лінію по організаційних і технічних причинах та ін.;
- продуктивність працівників апарату управління АТП;
- адаптивність і гнучкість управління, які характеризують здатність реагувати на зміни, що виникають у внутрішньому і зовнішньому середовищі АТП, та передбачити, а також попередити можливі наслідки таких змін;
- економічність апарату управління, яку не варто, як часто це робиться, зводити до оцінки чисельності персоналу чи його середньої заробітної плати, але можна кількісно оцінити індексом $I_е$, який показує, як співвідносяться індекс росту доходу автотранспортного підприємства $I_д$ і індекс росту затрат на управління $I_{у.з.}$. Виконання умови економічності апарату управління характеризується співвідношенням

$$I_е = \frac{I_д}{I_{у.з.}}.$$

Ефективність побудови організаційної структури автотранспортного підприємства не може бути оцінено одним показником. Потрібно враховувати, наскільки структура забезпечує досягнення організацією результатів відповідно поставленим перед нею цілям, а також наскільки її внутрішня побудова і процеси функціонування адекватні об'єктивним вимогам до їх змісту і властивостей. Специфіка удосконалення організаційної структури управління АТП полягає в тому, що вона являє собою якісну задачу, яка вирішується на основі поєднання формалізованих методів аналізу, оцінки, моделювання організаційних систем із суб'єктивною діяльністю керівників, фахівців вже на етапі вибору і оцінки найкращих варіантів організаційних рішень.

1. Андрушків Б. М. Основи менеджменту: Підручник / Андрушків Б. М., Кузьмін О. Є. – Львів:Світ, 1995. – 296 с

2. Зінь Е. А. Основи менеджменту: Навчальний посібник. / Е.А.Зінь, В.С. Сорока, З.О. Толчанова. – Рівне: НУВГП, 2010.- 312 с..

3. Мазаракі А. А. Основи менеджменту. Харків: Фоліо, 2014. – 846 с.

4.Турченюк М.О. Планування діяльності автотранспортного підприємства: підручник/М.О. Турченюк, М.Д. Швець, О.Г. Кірічок, М.Є. Кристопчук– Рівне.: НУВГП, 2017. – 367с.

УДК 65.011

RISK MANAGEMENT SYSTEM AT A ROAD TRANSPORT ENTERPRISE

СИСТЕМА РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ НА АВТОТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Сорока Валерій, Козак Світлана, Ткачук Дмитро

Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

В даний час на українському ринку автомобільних в перевезень не існує певної процедури ризик-менеджменту при виборі контрагента для співпраці, але більшість компаній-вантажовідправників чи експедиторів користується певними кроками перевірок та моніторингу, що сформувались за час ведення комерційної діяльності. Аналіз роботи більшості компаній-учасників логістичного ринку свідчить про те, що на етапі укладання догорів надання послуг перевезення та експедирування, як правило, в першу чергу виконується перевірка контрагента на сайті Ларді-Транс – найбільш популярної транспортної онлайн-біржі України. Основні принципи досить прості: у профілі користувача виконується аналіз відгуків про користувача, що можуть дати вичерпну інформацію про його діяльність та якість роботи. Крім того необхідно звернути особливу увагу на дату реєстрації та останнього відвідування сайту контрагентом. Також у профілі можна отримати інформацію про історію змін даних користувача: відомості про компанію, контактні дані та ін.. Постійні зміни цих відомостей користувачем можуть свідчити про ненадійність контрагента, а самого контрагента бажано перевірити додатково. До того ж останнім часом збільшилась кількість випадків, пов’язаних з продажом акаунтів користувачів з позитивним рейтингом або їх несанкціонованим зламом.

Невід'ємною частиною будь-якого виробничого або бізнес-процесу є ризик, зокрема процесу перевезень пасажирів і вантажів. Ризик являє собою поєднання ймовірності нанесення збитку і його наслідків. Комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію можливих збитків, які може понести підприємство у зв'язку з настанням негативних подій, прийнято називати ризик-менеджментом. Транспорт є складовою критичної інфраструктури держави, що забезпечує стійке функціонування економіки. Особливої актуальності набуває питання оцінки ризиків безпечному функціонуванню транспорту в умовах військового конфлікту у східному регіоні країни.

Існує значна кількість методології оцінки ризиків для критичних інфраструктур. Найбільш поширеним є лінійний підхід, що складається з деяких основних елементів: ідентифікації та класифікації загроз, виявлення вразливостей і оцінки впливу. Відповідно до зазначеного підходом сформулюємо загальний підхід до управління ризиками на транспорті (рис. 1).

Ідентифікація ризиків проводиться як з точки зору минулого досвіду, так і з точки зору майбутніх можливих подій. Даний етап ризик-менеджменту полягає в виявленні ризиків шляхом визначення зовнішнього (соціально-культурного оточення, політичного становища) і внутрішнього (організаційної структури, наявних ресурсів) контекстів функціонування системи. На даному етапі визначаються елементи перевізного процесу, які вимагають аналізу ризиків, види розглянутих ризиків і виконавці ризик-менеджменту. На наступному етапі виконується оцінка величини ризику шляхом визначення величини ймовірності настання інцидентів порушення безпеки і тяжкості їх наслідків. Зазначена оцінка є основою для визначення пріоритетності заходів з управління ризиками.

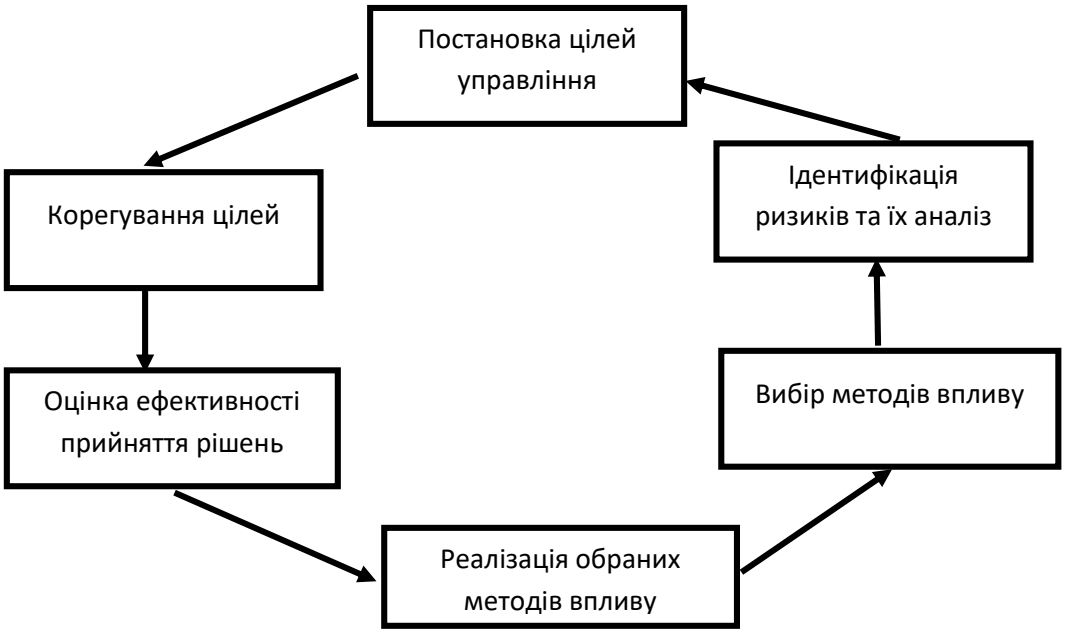


Рис. 1. Процес управління ризиками на транспорті

Далі виконується розробка заходів з управління ризиками, які базуються на наступних стратегіях:

–виключення ризику - повністю виключає настання ризику. Наприклад, заборона пасажирського сполучення в зоні військового конфлікту повністю виключає ризик поранення і загибелі пасажирів від військових дій;

–передача ризику - ризик передається іншій стороні на підставі договору страхування. Наприклад, обов'язкове страхування життя пасажирів від нещасних випадків;

–мінімізація наслідків - спрямована на зменшення шкоди від настання інциденту, але не зменшує ймовірність даної події. Наприклад, обмеження перевезення окремих видів вантажів в зоні військового конфлікту знижує наслідки у випадках настання аварійних ситуацій;

–зниження ймовірності настання інциденту; при цьому не мінімізуються наслідки. Наприклад, організація перевезень окремих видів вантажів більш безпечними ділянками в зоні військового конфлікту знижує ймовірність настання з ними аварійних ситуацій.

Аналіз ризиків виконується з метою виділення критичних подій. Зокрема рекомендується здійснювати в процесі управління ризиками підготовку транспортного засобу до випуску на маршрут (технічна справність транспортного засобу та відповідність безпечній експлуатації) та професійній відповідності водія при виконанні транспортної роботи (дотримання правил дорожнього руху, інструкцій водія, правил експлуатації транспортного засобу). За результатами оцінки ризику рекомендується приймати рішення щодо можливості реагування на ризик. Періодичність аналізування 1 раз на квартал. Результати аналізування у довільній формі надаються керівнику структурного підрозділу для оцінки функціонування системи управління якістю. До результатів аналізування можуть заноситись пропозиції щодо вдосконалення процесу. Інформація щодо ступеня досягнення процесом необхідних характеристик може бути подана у вигляді таблиць або графіків для забезпечення наочності простеження тенденцій погіршення або поліпшення процесу.

Після розробки заходів управління необхідно визначити їх ефективність шляхом порівняння величин невід'ємного (до управління) і залишкового (після управління) ризиків. Загальним показником захищеності інфраструктури від атак є ймовірність недопущення теракту. Для визначення ймовірностей і необхідно визначити найбільш вірогідне місце і спосіб

проведення теракту і параметри нападника (чисельність, озброєність, рівень підготовки). Для вирішення зазначеного завдання можна скористатися методом попарних порівнянь.

На останньому етапі розробляється план управління ризиками, включаючи механізми моніторингу, розподіл відповідальності щодо впровадження заходів і оцінки їх ефективності. Зазначений підхід до управління ризиками, на відміну від України, використовується на транспорті більшості країн ЄС, США, Канади. Подальші дослідження можуть бути використані при розробці методології ризик-менеджменту і засобів протидії несанкціонованим втручанням в роботу транспорту України.

1. *Zhikhareva, V., & Bundyuk, A. (2018). Система ризик-менеджменту виробничого підприємства. Розвиток методів управління та господарювання на транспорті, (1 (62), 8-20.* https://doi.org/10.31375/2226-1915-2018-1-8-20

2. *Національний Стандарт України. Керування ризиками: методи загального оцінювання ризиків. IEC/ISO 31010:2009, IDT. 2013. Друк.*

3. *Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємництві: Монографія / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2004. – 480 с.*

УДК 656.073

INCREASING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT WORK WHEN PERFORMING MULTIMODAL TRANSPORTATION

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Шапатіна Ольга, Тіхня Марія, Гнилицька Юлія

Український державний університет залізничного транспорту,
вул. Фєйербаха, 7, м. Харків, 61001

Транспортна система України відіграє важливу роль, оскільки поєднує країни Європи та Сходу. На сьогодні в умовах війни у нашій країні спостерігається падіння обсягів перевезення залізничним транспортом, але навіть у такій несприятливій для розвитку транспортної галузі ситуації залізничний транспорт залишається надійним та конкурентоспроможним перевізником вантажів [1].

У теперішній час розвиток транспортної системи все більше співвідносять із взаємовигідною взаємодією різних видів транспорту, особливе місце при цьому займають мультимодальні перевезення. Даний вид перевезення вантажів здійснюється на підставі договору мультимодального перевезення.

Процеси глобалізації економіки ставлять перед нашою країною завдання раціонального використання потенціалу економіко-географічного положення, ефективна реалізація якого дозволяє отримати економічний ефект від участі у міжнародних перевезеннях, а також створить нові економічні механізми впливу на світові економічні процеси. Головні тенденції в розвитку організації вантажних перевезень на залізницях світу пов’язані з розширеним застосуванням спеціалізованого рухомого складу та збільшенням перевезень по змішаних схемах (мультимодальні, інтермодальні, контрейлерні та бімодальні перевезення) переважно в міжнародному сполученні. Мультимодальні перевезення, як показує світовий досвід один із найперспективніших напрямків розширення спектру транспортних послуг.

Мультимодальні перевезення здійснюються із залученням двох або більше видів транспорту, при цьому конкуруючі види транспорту, основними з яких є автомобільний та залізничний, поєднуються в єдиному ланцюзі доставки, використовуючи свої сильні сторони.

За останні роки політика АТ «Укрзалізниця» спрямовується на збільшення ролі мультимодального транспорту, що сприятиме взаємодії України із країнами Європейського Союзу. Останнім часом зросла роль мультимодальних перевезень з країнами Азії, збільшилась кількість контейнерних поїздів за маршрутом Китай–країни Західної Європи, який пролягає територією України [2].

За таких умов доцільним є запровадження технологій, що набули широкого розвитку в країнах Європейського Союзу, а саме, мультимодальних перевезень вантажів. Мультимодальні перевезення ефективно поєднують декілька видів транспорту, при цьому перевезення здійснюється за єдиним транспортним документом та під контролем єдиного оператора на всіх етапах перевезення [3]. Це в свою чергу дає поштовх для забезпечення нових клієнтів до даного виду перевезень, що є особливо важливим для залізничної галузі України та при здійсненні міжнародних перевезень.

Так при здійсненні мультимодальних перевезень основну увагу приділяють таким показникам як: вартість, швидкість та надійність доставки вантажів [4].

В свою чергу вартість доставки вантажів багато в чому залежать від вибору оптимальних частин мультимодального маршруту доставки вантажу. Таким чином, однією із задач щодо визначення показника витрат на мультимодальні перевезення є обґрунтування оптимального

маршруту перевезення. У такій постановці задача вибору оптимального маршруту перевезень вирішується за допомогою методу динамічного програмування [5]. Виходячи з обраного оптимального мультимодального маршруту виконуються розрахунки вартості для різних технологій доставки вантажів, що залежить не тільки від маршруту, а й від кількості та класу вантажу.

Основним показником при здійсненні мультимодальних перевезень є сумарна вартість послуг, яку надано у вигляді цільової функції витрат:

$$P(x) = P^1 + N \cdot (S_{x_i} \cdot P^2_{x_i} + P^3_{x_i}) + \lambda k_{x_i} \cdot (P^4_{x_i} + P^5_{x_i} \cdot t), \quad (1)$$

де x – множина, що відповідає мультимодальному маршруту доставки вантажу;

P^1 – витрати, що пов’язані з оформлення перевізних документів (в тому числі митний збір при міжнародних перевезеннях у межах України та країн Європейського Союзу);

N – обсяг партії вантажу;

S_{x_i} – довжина дільниці маршруту, що відповідає i-му елементу множини x;

$P^2_{x_i}$ – витрати на організацію доставки вантажу на дільниці, що відповідає дузі x_i;

$P^3_{x_i}$ – додаткові витрати на операції з вантажем на дузі x_i;

λ – функція Гевісайда;

k_{x_i} – зміна виду транспорту на дузі x_i;

$P^4_{x_i}$ – витрати, що пов’язані із виконанням операцій навантаження та вивантаження вантажу;

$P^5_{x_i}$ – витрати, що пов’язані із зберіганням вантажу на складі (в тому числі на охорону вантажу);

t – часові затримки, що пов'язані із зберіганням вантажу на складі, виконанням вантажних операцій тощо, які залежать від моменту початку реалізації маршруту.

Для отримання адекватного рішення на керуючі змінні моделі накладаються певні обмеження:

$$\begin{cases} t^1 \le t \le t^2, \\ N \le n(t), \end{cases} \quad (2)$$

де t^1 та t^2 – межі інтервалу початку реалізації мультимодального маршруту, що визначаються вантажовідправником;

$n(t)$ – кількість вільних місць на момент початку переміщення вантажу по дузі x_i в залежності від моменту початку реалізації мультимодального маршруту t.

При цьому перше обмеження забезпечує пошук такого рішення, коли момент початку реалізації мультимодального маршруту знаходиться в межах певного часового інтервалу, що відповідає умовам вантажовідправника. Друге обмеження забезпечує вибір лише тих частин мультимодального маршруту, які забезпечують наявність достатньої кількості вільних місць для забезпечення можливості переміщення партії вантажу в повному обсязі по всіх ділянках маршруту [6].

При розрахунках вартості доставки вантажів автомобільним транспортом враховують обмеження ваги, що не повинне перевищувати 20-40 тон для автомобільних шляхів. Тому перевезення одного вагону за масою прирівнюється до трьох автомобілів, що дає економію витрат у 2,5-3 рази при перевезенні залізничним транспортом. Тоді як при мультимодальних перевезеннях розрахунок вартості роблять враховуючи доставку цілим поїздом, що дає скорочення витрат до 60% та стає особливо вигідним при перевезенні масових вантажів [7].

Саме поєднання двох видів транспорту у вигляді мультимодального перевезення забезпечить належний рівень якості доставки та збереження вантажів, забезпечить економію витрат та підвищення рівня конкурентоспроможності залізничних перевезень.

1. Державна служба статистики України. Обсяг перевезених вантажів за видами транспорту. URL: https://ukrstat.gov.ua/.

2. Перевезення контейнерів на залізничних маршрутах Китай–Європа збільшилося на 66% у 2021 році. URL: https://ports.ua/perevezennya-kontejneriv-na-zaliznichnih-marshrutah-kitaj-%D1%94vropa-zbilshilosya-na-66-u-2021-roczi/.

3. Congli H., Yixiang Y. Optimization on Combination of Transport Routes and Modes on Dynamic Programming for a Container Multimodal Transport System. Procedia Engineering, Vol. 137, 2016, P. 382–390.

4. S. Panchenko, O. Lavrukhin, O. Shapatina. Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Kharkiv: PC "Technology center", Vol. 1, № 3(85), 2017, P. 39–45.

5. Denardo, E.V. Dynamic Programming: Models and Applications. Mineola, NY: Dover Publications, 2003, 228 p.

6. Бутько Т. В., Костєнніков О. М., Прохоров В. М., Шапатіна О. О. Розробка автоматизованої технології планування інтермодальних перевезень на основі векторної оптимізації. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, Вип. 188, 2019, С. 71-85.

7. Islam D. M. Barriers to and enablers for European rail freight transport for integrated door-to-door logistics service. Part 2. Enablers for multimodal rail freight transport. Transport Problems: International Scientific Journal, Vol. 9(4), 2015, P. 6–13.

УДК 656.658

METHODS OF FORESTRY TRANSPORT PROVISION

МЕТОДИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Швець Микола, Вознюк Максим

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

The main approaches to the selection of various methods of transportation in forestry are given, and the analysis of existing methods and models that make it possible to optimize the production process is carried out

Вдосконалення транспортного забезпечення лісового господарства за допомогою наявних методів і моделей сприяють полегшенню вирішення питання функціонування транспорту в виробничих системах. Особливу роль транспорту в вантажних перевезеннях можна пояснити не тільки високими транспортними витратами у загальному складі логістичних витрат, але і тим, що матеріальний потік не зможе відбуватися без транспортування. Адже саме транспорт лежить в основі будь-якого матеріального потоку, особливо в лісовому господарстві. Отже, виходячи з цього, розробка нових методів і моделей та удосконалення існуючих є на сьогоднішній день актуальним і затребуваним.

Дуже багато науковців, які працювали в сфері вантажних перевезень, аналізували, вдосконалювали та класифікували різні моделі і методи які використовувались в даній галузі. Загалом, дані роботи та конкретна класифікація моделей і методів дозволяє вирішувати більшість практичних завдань, результати яких наведені у монографіях, підручниках, навчальних посібниках, а також багато впроваджені у господарській діяльності підприємств. В даній роботі ми більш детально зупинимося лише на основних підходах до вибору моделей і методів при різних варіантах перевезення лісогосподарських вантажів.

Найбільшу частину існуючих моделей і методів, що взагалі застосовуються в транспортних системах щодо вантажних перевезень, можна розділити на чотири основних групи та виходячи з цього вибирати оптимальний варіант вирішення з існуючих. Основні підходи до вибору методів перевезення різними видами транспорту наведені на рисунку 1.

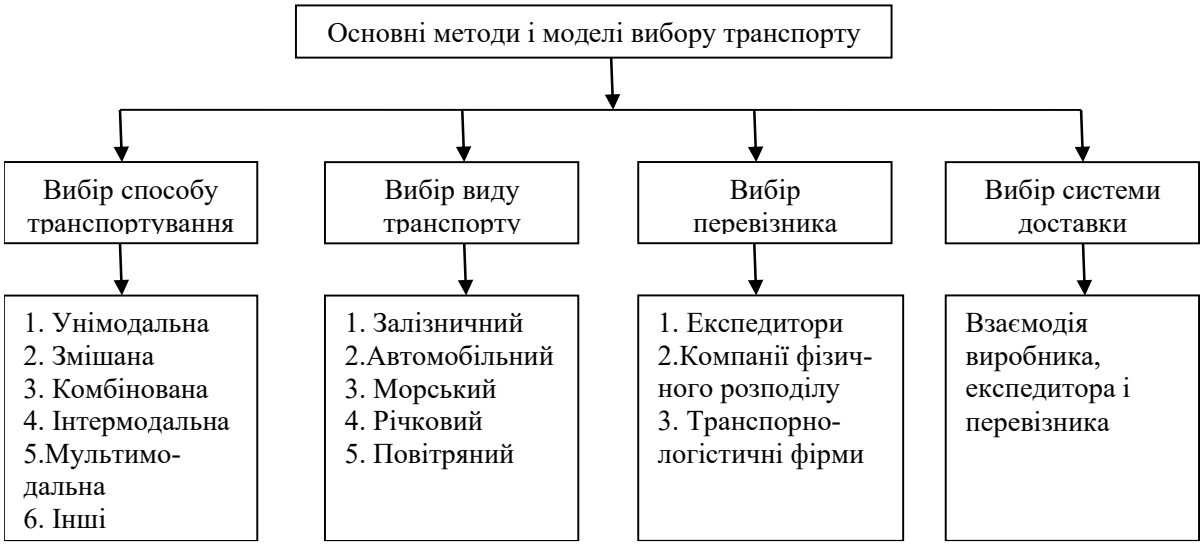


Рис. 1. Основні підходи до вибору різних методів перевезення

Незважаючи на велику кількість різноманітних публікацій і досліджень, в якій представлені сучасні моделі функціонування транспорту в логістичних системах, вона відображає, в більшості випадків, загальний комплекс транспортних операцій. Залишається недостатньо представлена технологія роботи автомобільного транспорту в виробничих системах, особливо в галузі лісового господарства. Тому нами було розглянуто і дана характеристика найбільш розповсюджених моделей, які можна використовувати в галузі лісового господарства, особливо при визначенні розташування місць складування лісоматеріалів. Дані моделі було скомпоновано в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні моделі для визначення місць складування лісоматеріалів

Варіант визначення координат складу	Кількість складів	Спосіб обліку відстаней	Опис методу
Місцеположення складу вибирається на території одного лісництва	Один	Найменша відстань	Мінімізація транспортної роботи: $P_j = \sum Q_i \cdot r_i \to min.$ На основі комбінаторики перебираються можливі варіанти розташування координат складу.
	Декілька складів кількість яких відома; оптимальна кількість складів	«Манхеттенська відстань»	Мінімізація транспортної роботи: $P_j = \sum Q_i \cdot d_i \to min.$ Відстань розраховується для конкретних об'єктів з координатами $(X_i, Y_i.)$
Розташування складу визначається з врахуванням координат розміщення об'єктів лісового господарства	Один	«Манхеттенська відстань»	$P_j = \left\{\sum Q_i \left\|x_i - x_j\right\| \to min\right.$ $P_j = \left\{\sum Q_i \left\|y_i - y_j\right\| \to min\right.$
Місцерозташування складу визначається з врахуванням вибраного критерію оптимізації (фізичного чи економічного)	Один	Відстань до об'єкта визначається від початку координат по осі X і Y	Метод центру тяжіння: $X_c = \frac{\sum Q_i \cdot X_i}{\sum Q_i}$; $Y_c = \frac{\sum Q_i \cdot Y_i}{\sum Q_i}$.
			Центр тяжіння по тарифу: $X_c = \frac{\sum T_i \cdot Q_i \cdot X_i}{\sum T_i \cdot Q_i}$; $Y_c = \frac{\sum T_i \cdot Q_i \cdot Y_i}{\sum T_i \cdot Q_i}$.
		Найкоротша відстань	Метод центру тяжіння по відстані: $X_c = \frac{\sum \frac{X_i}{d_i}}{\sum \frac{1}{d_i}}$; $X_c = \frac{\sum \frac{Y_i}{d_i}}{\sum \frac{1}{d_i}}$.
			Центр тяжіння по вантажообороту: $X_c = \frac{\sum Q_i \cdot d_i \cdot x_i}{\sum Q_i \cdot di}$; $Y_c = \frac{\sum Q_i \cdot d_i \cdot y_i}{\sum Q_i \cdot di}$
	Декілька складів кількість яких відома; оптимальна кількість складів	Найкоротша відстань, «Манхеттенська відстань»	Метод на основі транспортної задачі; прикладні пакети програм.

Отже, виходячи з даних таблиці та використовуючи власні вихідні дані можна підібрати оптимальний метод розрахунку для визначення центру тяжіння вантажу або тарифу, мінімізації транспортної роботи. Це дасть можливість чітко визначити місця складування лісоматеріалів та мінімізувати витрати.

1. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісогосподарських робіт: Підручник. 4-е вид., перероб. і доп. К.: Фірма «ІНКОО. 2006. 488 с.

2. Стиранівський О. Основи екологізації лісозаготівлі та транспорту лісу: Навч. посіб. Львів, 2008. 105 с.

УДК 656.073

IMPROVINGOF CARGO DELIVERY EFFICIENCY IN INTERNATIONAL ROAD COMMUNICATION

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕНІ

Великодний Денис, Сальніков Артем, Босенко Аліна, Водолєй Артем

ВСП Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету, вул. Едуарда Фукса, 26а, м. Кривий Ріг, 50042

The article offers an approach for vehicle traffic routes using end-to-end scheme of cargo delivery and distribution centers using a software environment with the definition of a rational technology for cargo delivery in international road communication.

Однією з ключових ланок розвитку вітчизняної економіки стає вдосконалення транспортної системи країни та реалізація її могутнього транзитного потенціалу для забезпечення європейських зв'язків. Це стане істотним внеском в збільшення ВВП України, обумовленим зростанням об'ємів транспортної роботи в інших галузях економіки. Необхідність стійкого економічного розвитку висунула в число пріоритетів підвищення ефективності використання автомобільного транспорту. Транспортний процес можна розглядати як операції з предметами перевезень, тобто вантажем, і операції з транспортними засобами.

Вибір раціональної технології доставки вантажів в міжнародному сполученні залежить від безлічі параметрів та вимагає послідовної розробки комплексу таких питань, як: вибір виду транспорту і типу рухомого складу; проектування маршруту доставки вантажів; розрахунку оптимальних розмірів запасів продукції, що забезпечує безперебійне виробництво; розробку спеціальних конструкцій тари, вибір вантажно-розвантажувальних механізмів та інших взаємопов’язаних елементів технології транспортного процесу. Сьогодні розвиток ринку вантажних перевезень передбачає дослідження логістичного ланцюга та логістичної системи, яка поєднує один з одним усіх учасників транспортного процесу [1,2,3]. Для організації транспортного процесу вирішують такі завдання як маршрутизація, розробка та узгодження роботи рухомого складу з навантажувально-розвантажувальними механізмами, вибір автомобіля раціональної вантажності та інші. Вартість доставки вантажів значним чином впливає на загальну кінцеву вартість товарів. Для зниження вартості можливо скоротити витрати на доставку вантажів за рахунок вибору раціональної технології доставки [4].

В результаті досліджень запропоновано модель, для якої вхідними параметрами є обсяг партії відправки, вантажність автомобіля, відстань перевезень які значно впливають на процес доставки вантажів за розробленими схемами наскрізної доставки, доставки з використанням розподільчих центрів та одиночної схеми організації руху на маршрутах. В якості вихідного параметру обрано загальні витрати на доставку вантажів, що найбільш повно характеризують вплив розроблених технологій на ефективність доставки вантажів. Для запропонованої цільової функції визначили обмеження та допущення, які визначаються умовами перевезень. Для визначення умов виконання доставки вантажів в міжнародному сполучені визначаємо вихідну інформацію за відстанями доставки, техніко-експлуатаційними показниками роботи автомобілів та фінансовими показниками, що характеризують заданий вид перевезень. Схема доставки з використанням логістичних центрів вимагає використання складських приміщень через те, що партія відправки з відповідним розміром буде накопичуватись.

Для запропонованих маршрутів руху транспортних засобів з використанням наскрізної схеми доставки вантажів та з використанням розподільчих центрів було розроблено програмне забезпечення визначення раціональної технології доставки вантажів у міжнародному сполучені, яке базується на визначенні та порівнянні витрат, що понесе автотранспортне підприємство при доставці вантажів. Для проведення експериментальних досліджень згідно визначеного діапазону варіювання вхідних факторів розробили план трьохфакторного експерименту для запропонованих технологій доставки вантажів – з використанням розподільчих центрів, та за допомогою наскрізної схеми доставки вантажів з використанням одного та двох водіїв. Згідно розробленого плану експерименту проведено моделювання процесу доставки вантажів та визначено значення вихідного параметру – загальних витрат на доставку вантажів за двома технологіями доставки вантажів та з використанням двох схем організації роботи водіїв – одиночної та турної їзди.

Проведені розрахунки дозволили визначити зони доцільного використання різних технологій доставки, які головним чином визначаються вартістю збереження вантажу на складі розподільчого центру. Так, при відсутності вимог до щоденної доставки вантажів доцільно використовувати технологію доставки з використанням розподільчих центрів на всі відстані перевезення при низькій вартості зберігання на складі розподільчого центру. При вартості зберігання однієї тони вантажу на складі розподільчого центру за одну добу доцільно використовувати технологію доставки з розподільчим центром. При збільшенні вартості зберігання однієї тони вантажу на складі розподільчого центру за одну добу доцільна зона використання такої технології починається з відстані доставки. При подальшому збільшенні вартості зберігання вантажу на складі розподільчого центру рівноцінна відстань доставки вантажу збільшується.

В результаті проведених досліджень визначили, що мінімальна відстань доставки вантажів визначає доцільність використання обох технологій доставки вантажів – наскрізної та з використанням розподільчого центру при умові відсутності вимог до часу доставки вантажів. При збільшенні вартості зберігання вантажу на складі розподільчого центру доцільність використання наскрізної технології доставки вантажу збільшується.

Таким чином, проведені розрахунки дозволили визначити зони доцільного використання різних технологій доставки вантажів, які головним чином визначаються вартістю збереження вантажу на складі розподільчого центру. Так, при відсутності вимог до щоденної доставки вантажів доцільно використовувати технологію доставки з використанням розподільчих центрів на всі відстані перевезення при вартості зберігання на складі розподільчого центру. Порівняння запропонованих технологій доставки вантажів дозволило визначити ефект від впровадження схеми організації руху на маршрутах та економічний ефект від впровадження запропонованих заходів.

1. Pavlenko O., Velykodnyi D. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic. International journal for traffic and transport engineering, 7(2), 164-175.

2. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 21(2), 3-12.

3. Нефьодов, В.М. Побудова логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу [Текст] / В.М. Нефьодов, О.В. Павленко, Д.О. Великодний // Комунальне господарство міст. - 2021. - 161. – С. 191-198.

4. Aulin, V., Pavlenko, O., Velikodnyy, D., Kalinichenko, O., Zielinska, A., Hrinkiv, A., Diychenko, V., Dzyura, V. (2019). Methodological approach to estimating the efficiency of the stock complex facing of transport and logistic centers in Ukraine. Proceedings Paper 1st International Scientific Conference on Current Problems of Transport (ICCPT), 120-132.

УДК 656.13

CRITERIA FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF TRANSPORTATION OF CROP PRODUCTS

КРИТЕРІЇ ОЦІНЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗБІЖЖЯ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Воронков Олексій

Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інформаційних технологій та землевпорядкування Національного авіаційного університету»,
вул. Дружківська, 6, м. Київ, 03113

Проблеми, пов’язані з урахуванням впливу умов функціонування мобільних транспортних машин в АПК з їхньої функціонування, залишаються актуальними, тоді як існуючі методики визначення характеристик цих машин дозволяють їх лише частково. Відомо, що оцінка ефективності використання мобільних транспортних машин в АПК є складним завданням, оскільки є безліч критеріїв оцінки, а також показників, що характеризують ці критерії. Для оцінки ефективності використання мобільних транспортних машин можна застосовувати ряд показників системи критеріїв ефективності машинно-тракторного парку (табл. 1).

Таблиця 1

Критерії ефективності

Група критеріїв ефективності	Визначення ефективності	Показники ефективності
Технологічна	Визначається показниками якості транспортних робіт	1. Питомі втрати вантажу, [од.], [%]. 2. Коефіцієнт зниження якості вантажів під час перевезення. 3. Середня швидкість перевезення вантажу, [км/год]. 4. Середній час перевезення вантажу, [год], [дн]. 5. Добовий пробіг транспортного засобу [км]. 6. Частка вантажів, перевезених без ушкоджень, [од.], [%]. 7. Коефіцієнт забруднення вантажів під час перевезення.
Технічна	Визначається кількісними показниками роботи машин на транспортних роботах	1. Продуктивність, [т], [ткм]. 2. Питома витрата палива [г/кВт·год]. 3. Витрата палива [кг/год, кг/т, кг/ткм]. 4. Потужність двигуна [кВт]. 5. Вантажопідйомність, [кг], [т].
Економічна	Визначається рівнем прибутку, що дозволяє підтримувати техніку у справному стані та оновлювати парк	1. Витрати на утримання та експлуатацію техніки, [грн/од. техніки]. 2. Собівартість робіт, [грн/ткм]. 3. Собівартість одержуваної продукції, [грн/од. продукції]
Екологічна	Визначається ступенем зниження захворюваності на професійні захворювання операторів	1. Забезпечення безпеки операторів техніки. 2. Забезпечення комфортних умов праці.

У той же час низка авторів зазначає, що внаслідок наявності великої кількості різних критеріїв оцінка ефективності використання машинно-тракторного парку стає утрудненою. У зв'язку з цим було здійснено спроби вироблення якогось інтегрального критерію оцінки ефективності використання мобільних транспортних машин. Зокрема, були запропоновані критерії інтегральних витрат (мінімуму наведених витрат). Зазначені критерії є комплексними і дозволяють вирішувати завдання оптимізації складу комплексів машин. Відомо, однак, що економічні показники оцінки ефективності мобільної техніки призводять до нестабільних результатів, оскільки сильно залежать від внутрішньоекономічної ситуації в країні, тому пропонується використовувати енергетичний показник ефективності функціонування агрегатів на технологічних операціях, у тому числі і при виконанні транспортних та вантажних робіт. У цьому передбачається, що функціонування машинно-тракторного парку тим ефективніше, що нижчі енергетичні витрати, тобто:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 \rightarrow min.$$

де E – сумарні енергетичні витрати, МДж/га; E_1 – енергія, витрачена на виготовлення трактора, сільськогосподарської машини, причепа, що припадає на 1 га, МДж/га; E_2 – енергія, витрачена на ремонт та технічне обслуговування трактора, сільськогосподарської машини, причепа, МДж/га; E_3 – енергія, витрачена на збирання та розбирання агрегату, МДж/га; E_4 – енергія, витрачена управління агрегатом, МДж/га; E_5 – енергія витрачених паливно-мастильних матеріалів, МДж/га; E_6 – енергія, втрачена з урожаєм через неоптимально обрану марку трактора, параметри та режими роботи агрегату, МДж/га.

Справді, у загальному випадку, енергетичні показники є найбільш логічними та об’єктивними. Очевидно також, що ці критерії перспективні для варіанта ідеального планування робіт. У той самий час, реальні виробничі умови найчастіше вносять корективи у процес виробництва та потребують у випадках ставити метою не мінімізацію енергетичних витрат, інші завдання. З іншого боку, викликає певні труднощі енергетичних еквівалентів різних складових сумарних енергетичних витрат. У зв’язку з цим у останніх дослідженнях пропонується перед вибором критеріїв оцінки ефективності аналізувати та оцінювати виробничі умови, після чого вже призначати необхідні критерії. Неважко помітити, що з даному підході намічається певна суб’єктивізація вибору критеріїв. Крім того, за такого підходу можливе запровадження надлишкових критеріїв, які оцінюватимуть ефективність лише за певних умов (лімітованості якогось ресурсу).

З урахуванням викладених положень, у роботі показники ефективності встановлювалися з погляду ефективності технологічних процесів (процесу транспортування) і ресурсозбереження під час здійснення цих процесів. Основним критерієм ефективності була питома витрата палива (кг/т, кг/100 ткм). Як допоміжні критерії виступали продуктивність (т/год, ткм/год) і витрата палива (кг/год, л/год). Для цілей нормування витрати додатково оцінювали витрати в л/100 км шляху для порівняння з існуючими нормативами. Економічна оцінка ефективності ґрунтувалася на розрахунку річного економічного ефекту (річної економії) у рублях. Вибір такої системи критеріїв заснований на тому, що вони, по-перше, взаємодоповнюють, по-друге, дозволяють оцінити технологічну, технічну та економічну групи ефективності.

1. Воронков О. А., Роговський І. Л. Модель технологічної системи перевезення збіжжя збирально-транспортного комплекса агрохолдингу. Розвиток транспорту. Одеса. 2022. No 2(13) С. 42-52. https://doi.org/10.33082/td.2022.2-13.04

2. Воронков О. А., Роговський І. Л. Аналітичні положення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя. Вісник Національного транспортного університету. Серія: технічні науки. 2022. Вип. 1 (51). С. 74-83. https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-074-083.

3. Voronkov Oleksiy, Rogovskii Ivan, Eugeniusz Krasowski. Integrated approach organizing transportation work transportation of cereal grain. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 3. P. 89–97.

УДК 656.13

ASSESSMENT OF ROAD LANE CAPACITY WHEN DRIVING WITHOUT OVERTAKING

ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СМУГИ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ПРИ РУСІ БЕЗ ОБГОНІВ

Горбачов Петро, Макаричев Олександр, Федоров Віктор

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
вул. Ярослава Мудрого25 м. Харків 61002

Основою для проведення розрахунків в математичних моделях багатьох об’єктів організації дорожнього руху (ОДР) є пропускна здатність (ПЗ) смуги руху (СР) на автомобільних дорогах (АД) або міських вулицях. На підставі (ПЗ) визначається потрібна потужність проектних транспортних об’єктів, моделюються процеси функціонування транспортних мереж, прогнозуються транспортні потоки (ТП) в мережі, оцінюється вартість поїздок, тощо.

Також значення ПЗСР є визначальною для оцінювання об’єму інвестицій в будівництво АД. Необхідно мати надійну оцінку ПЗ для використання при розрахунку параметрів АД, котра буде відображати усі суттєві особливості дорожнього руху (ДР), чого досягнутий на сьогоднішній день рівень знань у цій сфері поки що не забезпечує.

На часі значення які використовуються як у вітчизняній, так й іноземній літературі, в більшості влаштовують інженерів. Однак, їх порівняння з фактичною інтенсивністю руху на АД в різних місцях і багатьох країнах показує що інтенсивність ТП в багатьох випадках перевищує нормативну.

В цьому не було б нічого не звичного якби під ПЗСР не розумілось максимальна можлива кількість авто, котре може пройти через поперечній перетин дорожньої смуги за одиницю часу. При такому її визначені, випадки перевищення фактичною інтенсивністю ТП пропускної здатності СР викликають сумніви в правильності не тільки нормативних значень ПЗ, але й самого визначення ПЗ.

Висновки зроблені по результатам огляду літературних джерел свідчать про необхідність більш глибокого розгляду процесів руху ТП по ділянкам АД різноманітних видів, які доцільно почати з самого простого об’єкта дослідження – одної СР з рухом ТЗ без обгонів.

Такі умові в реальному житті зустрічаються рідко – на мостах і в тунелях, де заборонено обгін, якщо не брати до уваги міжквартальні проїзди у містах. Вони можуть також тимчасово виникати на звичайних АД при ДТП, ремонтах проїжджих частин, або інших перешкодах руху по одні смузі. На двох смугових дорогах вони також можуть з’являтися під час пікових навантажень, коли зустрічний потік повністю виключає можливість для виконання обгону ТЗ, які рухаються з низькою швидкістю. Але такі умови створюють зручну основу для розуміння процесів, які відбуваються на АД, з точки зору ПЗСР. СР без обгонів є крайньою ситуацією, які допомагають оцінити можливості абсолютно різних об’єктів, від реальних технічних засобів, до наукових гіпотез. Така оцінка дозволяє робити досить корисні висновки, котрі в даному випадку можуть стати основою для отримання надійної і об’єктивної оцінки ПЗСР.

З практичної точки зору, коли розрахункові формули невідомі, визначити ПЗ любого об’єкту (приладу), в якому обслуговуються деякі заявки, можна, якщо подати на його вхід надлишкове навантаження. Тоді, ПЗ обслуговуючого прибору буде дорівнювати інтенсивності потоку замовлень на виході з нього. Саме так розраховується потік насичення, при наявності черги ТЗ перед перехрестям, яка обумовлює наявність надлишкового навантаження на напрямок. Метод створення на вході в об’єкт надлишкового навантаження може

використовуватись для експериментальної перевірки теоретичних моделей, але він працює тільки при умовах, що надлишкове навантаження на вході в прилад не змінює звичайної тривалості обслуговування заявок. Тобто надлишкове навантаження не створює на вході додаткових затримок, пов'язаних як з початком, так і з самим процесом обслуговування заявки.

Такі обставини в реальних умовах на АД або СР не можуть бути виконані, оскільки надлишкове навантаження на транспортну інфраструктуру в процесах дорожнього руху завжди приводить до зниження швидкості руху ТЗ і, відповідно, до збільшення протягу їх обслуговування. В реальності надлишкове навантаження на вході в СР буде означати наявність черги зі стоячих, або повільно рухомих ТЗ. І це не відповідає умовах руху, які наступають після в'їзду на ділянку, де швидкість може бути вище, ніж у "вузькому місці", яким в випадку надлишкового навантаження є початок СР без обгонів.

Тобто об'єктивні властивості ТП не дозволяють провести реальний експеримент з визначення реальної ПЗСР. Тим не менш спосіб подачі надлишкового навантаження на початку СР можна використати як основу для побудови нової моделі ПЗСР, припустивши, що умови, при яких на вході в ділянку СР створюється щільний потік ТЗ, все ж таки можуть існувати. Щоб получити придатні для подальшого використання результати, необхідно задати такі параметри щільного ТП на вході ділянки СР, які будуть відображувати об'єктивні закономірності його руху в реальному транспортному процесі.

Основними параметрами ТП, з точки зору його щільності, є швидкість руху ШР ТЗ в ньому і дистанція між ТЗ які рухаються один за одним. В відповідності до ПДР, кожний водій повинен дотримуватись безпечну дистанцію до попереднього ТЗ. Ця дистанція вибирається кожним водієм індивідуально. Тому щільний ТП в реальності може виникнути тільки тоді, коли кожний водій в потоці в будь-який момент часу, дотримується мінімально припустимої, з його точки зору, дистанції до попереднього ТЗ.

Швидкість проїзду через перетин СР на початку розглянутої ділянки, буде вважатися повністю обумовленою водієм ТЗ, без всіляких обмежень. Під час руху по ділянці СР, бажана для водія ШР залишається незмінною, но фактична швидкість обмежується неможливістю обгону попередніх ТЗ.

При визначені ПЗ можливий пошук відповіді на два питання: яка кількість заявок обслуговується об'єктом за заданий проміжок часу або за який час буде обслужено задана кількість заявок? У сфері ОДР зазвичай використовується перший підхід, але виходячи з постановки задачі, в даному випадку доцільно використати другий підхід, вважаючи при цьому, що інтенсивність вхідного потоку є постійною величенною.

У відповідності до поставленої задачі були проведені математичні розрахунки, які припускали наявність на ділянці два вертикальних зрізи на початку і в кінці. Після проїзду повз перший зріз з бажаною ШР і на мінімальної відстані до переднього ТЗ, водій продовжує рух по ділянці до другого зрізу з тією ж ШР, якщо його швидкість менша, швидкості попереднього ТЗ. В іншому випадку він знижує швидкість до ШР попереднього ТЗ і приймає відповідну, мінімально можливу для нього дистанцію.

Для ТЗ, більш повільних, ніж попередні ТЗ, які до кінця ділянки відстають від лідеру, дистанція до нього перестає бути мінімально можливою на початку ділянки і збільшується до самого кінця. Тобто, при наявності різних уподобань ШР серед водіїв, у загальному випадку, потік на ділянці вже не буде щільним. Це означає, що тривалість проїзду всієї групи ТЗ повз другий зріз буде більший ніж повз перший, що означає, виїзд з ділянки СР для заданих умов має меншу ПЗ ніж в'їзд.

Кількість розривів між ТЗ в ТП буде визначатися уподобанням водіїв та порядком розташування ТЗ. Таким чином в процесі руху формуються пачки ТЗ з однаковою ШР в них. При цьому швидкість кожної наступної пачки нижче попередньої, а швидкість останньої є мінімальною. В крайніх випадках ці пачки протилежні за своїм складом. При спаді швидкостей, пачки мають мінімальну довжину, тобто загалом складають один ТЗ, з

виключеннями у вигляді невеликих пачок. При зростанні швидкостей усі ТЗ рухаються в одній великій пачці за першим, самим повільним ТЗ. І в цьому випадку, так само, ПЗ другого зрізу буде меншою, ніж першого, за рахунок меншої ШР цього щільного потоку.

У всіх інших випадках, пачки будуть приймати якісь проміжні стани, але загальний час проїзду всієї групи залишиться не зміним у всіх випадках і є практично постійним для кожного набору ТЗ, не залежно від порядку їх слідування по ділянці.

Достатньо легко оцінити тривалість розривів, якщо розглянути випадок, коли першим в групі їде найшвидший, а другим – найповільніший ТЗ. В такому разі буде спостерігатися всього один розрив, з найбільшою тривалістю. Також чим більша довжина ділянки СР або АД, тим менша буде його ПЗ при відсутності обгонів на ній.

Вербально описана тут математична модель є узагальненням поняття ПЗ поперечного перетину СР, яка зазвичай використовується для опису властивостей ділянки СР в цілому. Вона відображає довжину оцінюваної ділянки і не залежить від послідовності ТЗ в потоці, а визначається тільки його складом.

Остання властивість є об’єктивною для об’єкту, що розглядається і вона вказує на достатньо серйозній недолік існуючого способу завдання ПЗСР, як максимальної кількості ТЗ, котра може бути обслуговувана смугою за певний час. Він полягає в тому, що при одній і тій самій ПЗ, яка в розглянутому випадку не залежить від порядку проїзду ТЗ по ділянці, якість обслуговування учасників руху може бути абсолютно різною і навіть протилежною.

Критерієм якості обслуговування водіїв на ділянці доцільно вважати можливість подолання всієї ділянки на бажаній ШР. До цього критерію, напевно можна додати і інші фактори, але головна мета водіїв – це мінімізація часу проходження, при дотримані обмежень на безпеку та комфорт руху, із врахуванням діючих правил та характеристики ТЗ, дорожніх та погодних умов. Усі ці, досить різноманітні, цілі зважуються водієм при виборі ШР, тому вона є комплексним показником, який максимально повно відображає якість руху по ділянці для водіїв.

Якщо повернутися до різноманітних випадків упорядкування ТП, то у випадку спадання швидкостей всі водії групи обслуговуються на самому високому рівні, тому що вони долають всю ділянку на бажаній ШР. У випадку зростання швидкості, ситуація протилежна – тільки один водій із групи може вважати добрими умови проїзду по ділянці СР без обгонів. Це водій першого ТЗ, який рухається з мінімальною ШР, а зважаючи на те, що такий ТЗ буде присутній у ТП по СР без обгонів, ця ситуація визначає найгірший рівень якості обслуговування для всіх інших водіїв, вимушених рухатися зі швидкістю, меншою ніж вони б обрали у вільних умовах руху.

Тобто, при одній і тій ПЗ, ділянка СР забезпечує абсолютно різні умови руху, котрі визначаються виключно властивостями ТП. І така ситуація залишається актуальною, навіть якщо зняти обмеження по швидкості – вона лише пом’якшиться та перестане бути настільки екстремальною.

Тому при оцінювані ПЗ необхідно використовувати показники, які максимально відображають умови руху на ділянці, з точки зору водіїв ТЗ. Тому що процеси які відбуваються на автодорогах при русі ТЗ, апріорі носять випадковий характер, описувати умови руху необхідно прийнятими в теорії ймовірності індикаторами, спираючись на такі показники, як час поїздки та швидкість руху по ділянці.

Практична неможливість створити на вході на ділянку СР щільного потоку ТЗ, які рухаються з різними ШР, які відповідають вподобанням водіїв, приводить до доцільності продовження аналізу умов руху на СР без обгонів, з найпростішим ТП на вході, для отримання більш загальних оцінок ПЗ та створення основи для проведення розширених досліджень ПЗ АД, в тому числі й багатосмугових.

УДК 656.01

FEATURES OF TRANSPORT CORRESPONDENCE MATRIX GENERATION SUBJECT TO THE PRESENCE OF A CERTAIN NUMBER OF RESTRICTIONS

ОСОБЛИВОСТІ ГЕНЕРАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ МАТРИЦІ ВІДПОВІДНОСТІ В УМОВАХ НАЯВНОСТІ ПЕВНОЇ КІЛЬКОСТІ ОБМЕЖЕНЬ

Івахнік Владислав

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61000

На сучасному етапі розвитку транспортної науки, в даній області було зроблено велику кількість кроків на шляху вирішення проблем і викликів, які стають перед дослідником. Транспортна система міст невпинно змінюється, саме тому вимагається пошук нових моделей та методів вирішення транспортних задач. Імітаційне моделювання – це один із сучасних інструментів пошуку рішень, але це не є остаточним і універсальним методом. Саме тому, виходячи із вже існуючих досліджень даної області, дослідники вдаються до пошуку нових рішень. Даними рішеннями є інтервальна концепція моделювання транспортного попиту, методи та моделі Монте-Карло, а також моделювання транспортного попиту, яке спирається на методах збору вихідних даних, завдяки можливостям інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Зміна методів збору вихідної інформації, від традиційних до використання можливостей ІТС, частково пояснюється високою вартістю проведення традиційних опитувань, а частково – різноманітністю розрізнених даних, створених ІТС, і можливістю отримати додаткові переваги з великих масивів даних. Серед виявлених недоліків, можна виділити наступне: ІТС працює за заданими математичними алгоритмами, через це формування матриці транспортних кореспонденцій (МТК) відбувається в системі вже існуючих обмежень, тобто шляхом аналізу даних отриманих від ІТС, транспортний попит в матриці виникає саме там, де ІТС його фіксує. Через це, дані методи втрачають випадковий характер та формують МТК за заданими алгоритмами. Генерація МТК в умовах наявності певної кількості обмежень, насамперед потребує збереження випадкового характеру, саме тому, обмеження не можуть бути пов’язані із алгоритмами генерації МТК. Через це, використання можливостей ІТС, при вирішені даної проблематики, можливо тільки частково, після аналізу всіх зібраних вихідних даних, та введення до матриці тих, які не впливають на випадковий характер генерації МТК.

Матрицею транспортних кореспонденцій (МТК) називається прямокутна таблиця, яка має спеціальний вигляд, що складається з n рядків та m стовпців, заповнених числами. Матриці набули широкого використання в плануванні виробництва та транспортних перевезень. Вони допомагають розробляти різні варіанти плану, полегшують планування транспортного попиту та створення маршрутної мережі міст. Кожен елемент матриці a_{ij} – має індекси: перший індекс i вказує номер рядка, в якому знаходиться цей елемент, другий індекс j вказує номер стовпця, який містить цей елемент. У транспортній матриці ці індекси вказують на обсяги по прибуттю та відправленню, а також наявність попиту між транспортними районами.

При заповненні МТК за допомогою генерації випадкових чисел (ВЧ), одним із обмежень є наявність обсягів по відправленню та прибуттю, дані обмеження можуть бути у різних одиницях вимірювання. Якщо, транспортна матриця заповнюється для отримання зв’язків між пасажирськими районами, то і заповнення матриці відбувається у кількості пасажирів. Так само, матриця може заповнюватись для дослідження транспортного попиту у вантажних перевезеннях.

Щодо особливостей заповнення матриці транспортних кореспонденцій за допомогою генерації випадкового числа, можна виділити наступні: обсяг пасажиропотоку, який може бути згенерований в даному транспортному районі, обмежений максимальним середнім значенням між обсягом по відправленню та прибуттю; генерація пасажиропотоку не можлива у транспортному районі, якщо об'єм розподілений по матриці та транспортний попит задоволений у повному обсязі, в такому випадку інші кореспонденції набувають нульових значень, що означає відсутність попиту.

Серед недоліків заповнення МТК таким методом можна віднести той факт, що не всі генератори випадкових чисел враховують вже існуючі нульові значення в транспортних кореспонденціях. Тому, при генерації можливе потрапляння в кореспонденцію з нульовим значенням, що значно затягує процес заповнення матриці. Саме через це виникають труднощі із введенням до матриці обмежень, які від самого початку є закритими від обсягів перевезень або так само мають нульові значення.

Основною закономірністю та одним із обмежень в матриці є рівність сум по відправленню, прибуттю та розподіленого обсягу по всій матриці. Без дотримання даної закономірності МТК буде заповнена не вірно, бо обсяг розподілений не повністю, що означає не повне задоволення транспортного попиту.

Дана закономірність при заповненні МТК за допомогою генерації ВЧ також повинна дотримуватись при наявності у матриці обмежень, але не завжди є можливість повністю задовольнити транспортний попит та згенерувати матрицю таким чином, щоб МТК задовольнила транспортний попит в повному обсязі. Через це і виникає потреба у досліджені транспортного попиту та його розподілення по МТК, в умовах наявності в матриці обмежень, які зменшують можливість розподілення обсягів перевезень. Обмеження можуть стосуватися перекриття певної кількості транспортних районів у матриці, або транспортний попит в даних транспортних районах може набувати нульового значення.

Особливості заповнення матриці при наявності в ній певної кількості обмежень, такі самі, як і в матриці в якій даних обмежень немає, але генерація відбувається в 2 етапи. Перший етап відповідає за заповнення матриці та розподілення обсягів по принципу генерації випадкового числа, та середнього значення між обсягами по прибуттю та відправленню. Другий етап – це перерозподіл обсягів, які на першому етапі потрапили в закриті транспортні райони. Саме другий етап є важливим с точки зору повного задоволення транспортного попиту при наявності в МТК певної кількості обмежень.

Якщо, в матриці залишається не розподілені обсяги, тобто транспортний попит задоволено не в повному обсязі, необхідно провести другий етап генерації і розподілити обсяг, який залишився по МТК. Для цього в матриці знаходимо оптимальний обсяг, завдяки якому можна перерозподілити його шляхом перенесення. Саме проведення такої операції дає можливість розподілити транспортний попит по МТК та повністю його задовольнити.

Ціль генерації МТК, полягає на задоволені транспортного попиту та досліджені проблемних точок при введені до матриці все більших обмежень. Саме, на етапі введення більшої кількості обмежень, все менш можливим стає задоволення попиту на перевезення. Адже, при перекритті більшої кількості транспортних районів, а саме закриття половини матриці, не дає можливість на виконання другого етапу генерації через відсутність підбору даного виду розподілення транспортного попиту.

Таким чином, можна зробити висновок, що дані особливості не забезпечують вирішення даної транспортної задачі в повній мірі, а лише на певному етапі. Саме тому, є потреба у проведені подальших досліджень, задля пошуку нових підходів до даної проблематики.

1. Горбачов П.Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах : дис. доктора техн. наук : 05.22.01 / Петро Федорович Горбачов. – Х., 2009. – 370 с.

2. Кочина, А. А. Формування пасажиропотоків у приміському сполученні на автомобільному транспорті : дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / А. А. Кочина; Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків : Стиль-издат, 2020. - 20 с

УДК 656:338

ASSESSMENT OF OPERATIONAL PLANNING EFFICIENCY OF CARGO DELIVERY

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Кінзельській Сергій, Ляхова Анастасія, Стиш Діана, Лашуніна Марія

ВСП Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету, вул. Едуарда Фукса, 26а, м. Кривий Ріг, 50042

The article offers principles of increasing the efficiency of cargo transportation due to the optimization of operational planning, which allows to reduce delivery costs due to the development of an integrated information automated system for the parallel solution of operational planning problems.

Для кожного підприємства величезне значення має ритмічна робота, в процесі якої на кожному робочому місці та дільниці виробництва, в кожному виробничому підрозділі буде вироблятися в дану одиницю часу певна кількість продукції. Така робота, як правило досить ефективна, раціональна та володіє ознакою високої культури виробництва.

Однак, як свідчить виробничий досвід, досягти певного і заздалегідь розрахованого ритму виробництва деколи дуже складно. Для цього потрібно забезпечити повну узгодженість дій всіх структурних підрозділів у часі, забезпечити їх виробничу пропорційність, постійно відстежувати можливі збої узгодженого ритму виробництва й вводити поправки в його хід, якщо десь на якійсь ділянці встановлений ритм буде порушений.

Методи організації автомобільних перевезень необхідно розробляти з урахуванням вимог систем виробництва й споживання, що обслуговуються автомобільним транспортом, і на основі координації дій всіх учасників транспортного процесу включаючи водія. На рівні оперативного планування вантажних автомобільних перевезень потреба в доставці вантажів виражається системою попиту. Будь – яке переміщення вантажів пов'язане з певними витратами цінних для суспільства ресурсів – енергетичних, трудових, фінансових. Тому різні варіанти організації транспортного процесу вимагають різних ресурсних витрат для своєї реалізації. Оперативне планування покликане забезпечити своєчасне і якісне виконання завдань, передбачених планами соціально – економічного розвитку підприємства. Для прийняття найбільш ефективного рішення на стадії оперативного планування та управління вантажними перевезеннями необхідно обробити значний обсяг даних про стан транспортної системи і перевізного процесу при дотриманні жорстких часових обмежень. В цих умовах, завдання вибору оптимального варіанту оперативного впливу на керовану систему стає особливо складним та висуває високі вимоги до технічної, інформаційної та математичної основи системи оперативного управління. Для ефективного вирішення цих питань необхідна розробка та впровадження інформаційних систем підтримки рішень, що дозволять у короткий термін отримувати раціональні рішення. Проведений аналіз сучасного стану вирішення задач оперативного планування вантажними перевезеннями на автомобільному транспорті дозволяє зробити висновок, що однією з перспективних задач підвищення якості оперативного планування є врахування взаємного впливу рішень, що приймаються при вирішенні локальних задач [1,2,3]. При проведенні теоретичних досліджень комплексного вирішення задач оперативного планування було визначено цільову функцію, в якості якої прийнято загальні витрати на доставку вантажів, що найбільш повно характеризує вплив процесу оперативного планування на результати виробничого завдання. В якості моделі об’єкта дослідження обрано модель з наступними вхідними параметрами: номінальна вантажність автомобіля, об'єм партії відправок, довжина вантажної їздки, витрати пов'язані із простоєм автомобіля протягом

навантажувально–розвантажувальних робіт, витрати пов'язані із простоєм навантажувально – розвантажувальних механізмів в очікуванні автомобілів. Для проведення розрахунків створено програмне забезпечення мовою програмування. Метою програмного забезпечення є реалізація задач оперативного планування за запропонованою методикою паралельного рішення задач оперативного планування. Результатом роботи програмного забезпечення є розрахунок техніко – економічних та техніко – експлуатаційних показників роботи автомобілів, вибір раціонального автомобіля за критерієм мінімальних сумарних витрат на доставку вантажу та побудова графіку його подальшого руху. Розрахунки за допомогою програмного забезпечення проводить на базі алгоритму розробки імітаційної моделі. Даний алгоритм базується на вирішенні задач оперативного планування, враховуючи взаємний вплив результатів рішення кожної задачі.

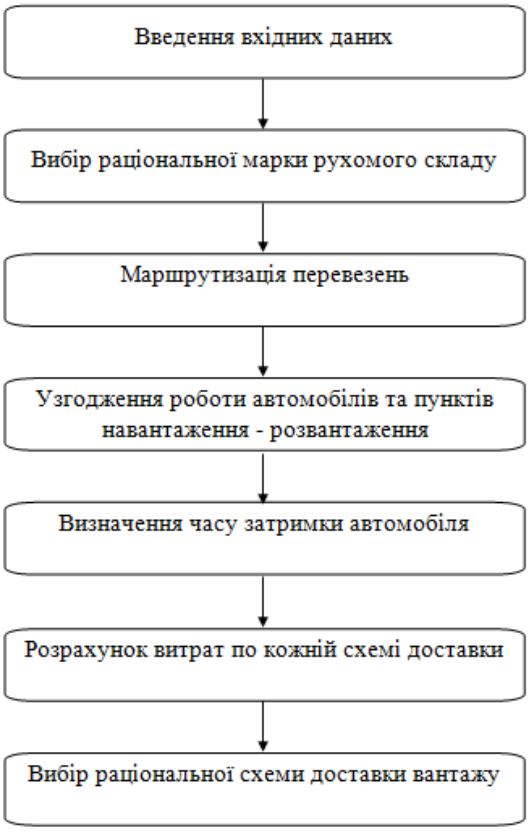


Рисунок 1 – Структурна схема алгоритму

Таким чином, для досягнення поставленої мети було запропоновано методику паралельного рішення задач оперативного планування, яка враховує взаємний вплив результатів рішення кожної із задач. На базі запропонованої методики було розроблено інтегровану інформаційну автоматизовану систему паралельного рішення задач оперативного планування у вигляді програмного забезпечення, яке дає можливість вирішувати основні задачі оперативного планування у рамках однієї системи.

1. Калініченко О. П., Павленко О. В., Нефедов В. М. Оптимізація рішення задач оперативного планування вантажних перевезень на автомобільному транспорті. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура, 2018, 142. С 108-113.

2. Aulin V., Velykodnyi D., Dyachenko V. Concept of development and formation of transport logistic systems in the agroindustrial complex. Modern Management: Logistics and Education. 2018. P.165-169.

3. Павленко О.В. Формування раціональної схеми обслуговування замовлень на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством [Текст] / О.В. Павленко, Д.О. Великодний// Комунальне господарство міст. - 2020. – 154 (1). – С. 223-230.

УДК 656.135

ANALYSIS OF THE STUDY OF THE INTENSITY OF TRANSPORT STREAMSIN IN THE CITY OF KHARKIV

АНАЛІЗ ОБСТЕЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У МІСТІ ХАРКОВІ

Линник Ірина, Завальний Олександр

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002

The results of the survey of the intensity of traffic flows on the streets of the city of Kharkiv, which was carried out as part of the project «Integrated development of cities in Ukraine II», were processed. The analysis of the research results was carried out. Based on the results of the research, a multimodal transport macro model and the Sustainable Urban Mobility Plan of the city of Kharkiv will be developed.

Обстеження інтенсивності руху транспортних потоків проводилась і проводиться регулярно у різних містах світу [1–5]. Також такі обстеження проводили автори статті у 1989 і 2014 роках під час розробки Генерального плану і Комплексної транспортної схеми міста Харкова [6].

Наразі постала проблема відбудови та відновлення об’єктів інфраструктури, дорожнього покриття вулиць, що постраждали через постійні обстріли під час війни, покращення планувальних характеристик і розвитку мережі існуючих вулиць з проведенням часткової чи радикальної їхньої реконструкції у відповідності зінтенсивністю руху транспорту і пішоходів, можливої ізоляції руху транспортних потоків від пішохідного руху, усунення перехрещень значних транспортних потоків на одному рівні. Тому зараз є важливим провести аналіз сучасного стану і виявити проблеми вулично-дорожньої мережі міста Харкова, що буде важливим для відбудови міста і створення нового Генерального плану.

Обстеження інтенсивності транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста Харкова проводились кафедрою міського будівництва Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова у рамках проекту «Інтегрований розвиток міст в Україні II» за підтримки уряду Німеччини через Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), та Швейцарської Конфедерації через Державний секретаріат з економічних питань Швейцарії (SECO).

Обстеження проводились на 88 локаціях, із них 64 локації розташовані в місті і 12 локацій – на окружній дорозі. Вони досліджувались спостерігачами. Крім того, на 12 локаціях у місті інтенсивність визначалась з камер відеоспостереження.

Встановлені локації (перехрестя) зображено на рисунку 1.

Дати проведення обстеження: 04.10 – 08.10.2021.Обстеження проведено протягом 5 робочих днів (понеділок, вівторок, середа, четвер, п’ятниця:

- у пікові періоди (з 7.00 години до 10.00 години, та з 16.00 години до 19.00 години);
- міжпіковий період (з 11.00 години до 14.00 години);
- цілодобово на 12 локаціях з камер відеоспостереження.

У результаті проведеного обстеження отримана наступна первинна інформація: інтенсивність транспортних потоків на підходах та виходах до/з перехресть; склад транспортних потоків.

Для визначення складу транспортних потоків усі транспортні засоби поділено за типами. Для кожного типу визначено його частку в загальному потоці (рис. 2). Як видно з наведених діаграм (рис. 2), у центральній зоні міста в складі транспортного потоку переважають легкові автомобілі, тоді як у серединній і периферійній зонах їхня частка зменшується і збільшується частка вантажних машин та автобусів.

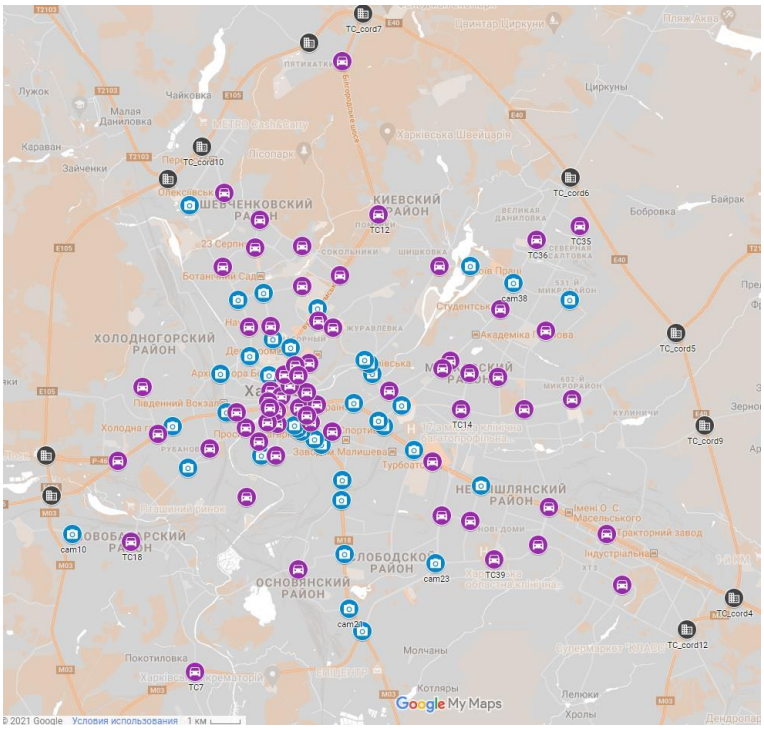


Рис. 1. Локації обстеження інтенсивності транспортного потоку

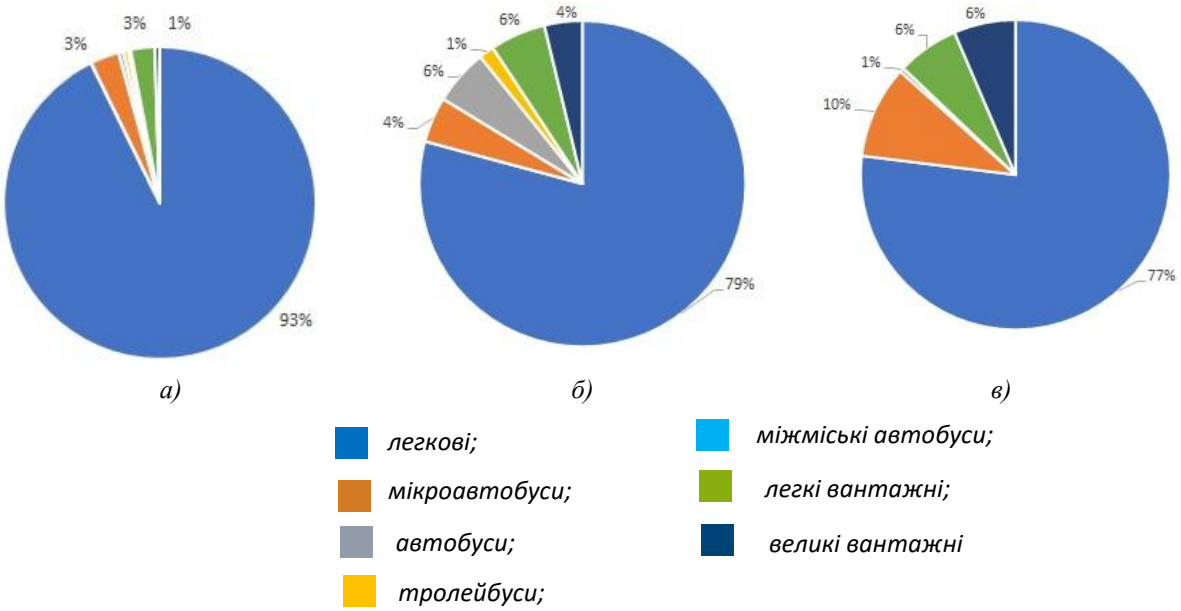


Рис. 2. Склад транспортного потоку на вулицях міста:
а) центральна зона; б) серединна зона в) периферійна зона

У результаті аналізу інтенсивності транспортних потоків на вулицях міста Харкова можна зробити висновок, що найвище значення інтенсивності руху транспортних потоків спостерігається на вулицях Клочківській, Академіка Павлова, пр. Гагаріна, пр. Героїв Харкова, Полтавському шлясі, пр. Науки, Білгородському шосе, пр. Ювілейному, пр. Льва

Ландау, Нетеченській набережній, Сергіївській площі, Павлівській площі, майдані Конституції, Салтівському шосе, пр. Людвіга Свободи (рис. 3).

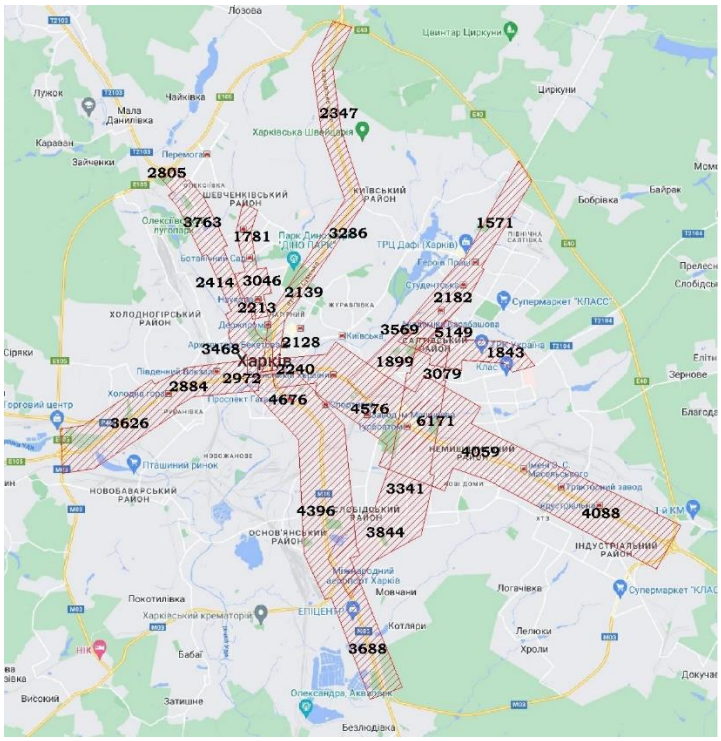


Рис. 3. Картограма інтенсивності руху транспортних потоків у годину «пік» на основних магістральних вулицях загальноміського значення міста Харкова (цифри на діаграмі показують інтенсивність руху у приведених одиницях за годину «пік»)

Пікові періоди спостерігаються не на всіх вулицях однаково в один і той же час доби. Ранкові періоди «пік» спостерігаються з 7.00 години до 8.00 години, з 8.00 години до 9.00 години та з 9.00 години до 10.00 години ранку. У центральній частині міста ранкові періоди «пік» відбуваються пізніше, ніж у серединній та периферійній зонах. Це пояснюється тим, що в серединній та периферійній зонах розташована переважна більшість заводів і фабрик, де робочий день розпочинається раніше. У центральній частині міста розташована переважна більшість навчальних закладів, науково-дослідних інститутів, торговельних центрів, магазинів, офісних та адміністративних будівель, де робочий день розпочинається трохи пізніше.

Вечірні періоди «пік» спостерігаються теж не в один і той же час доби. Вони відбуваються з 16.00 години до 17.00 години, з 17.00 години до 18.00 години та з 18.00 години до 19.00 години вечора на різних вулицях міста.

Середнє значення коефіцієнту завантаження вулично-дорожньої мережі у місті в ранковий період «пік» у будні дні становить 71,8 %, у вечірній період «пік» у будні дні – 70,8 %. Найбільше завантаження вулиць міста є в п’ятницю. У суботу та неділю завантаження вулиць є найменшим.

Найбільша сумарна інтенсивність транспортних потоків, що перевищує 4000 авт./год, спостерігається на перехрестях, що наведено на рисунку 4.

За результатами проведених досліджень буде розроблено мультимодальну транспортну макромодель (МТМ) та План сталої міської мобільності (ПСММ) м. Харкова. На підставі отриманих результатів також можливо визначити місця (перехрестя, перегони), які потребують розробки схем удосконалення організації дорожнього руху. У результаті розробки МТМ та ПСММ в місті буде забезпечено: розподіл транспортних потоків за складом, зважаючи на частку автобусів та тролейбусів; рівень завантаження доріг та вулиць (можливість перерозподілу легкового та/або вантажного транспорту на менш завантажені

ділянки); розподіл міських територій більш справедливо та безпечно на користь немоторизованого транспорту; покращення енергоефективності (оновлення автопарку); зменшення викидів парникових газів від транспортних засобів.

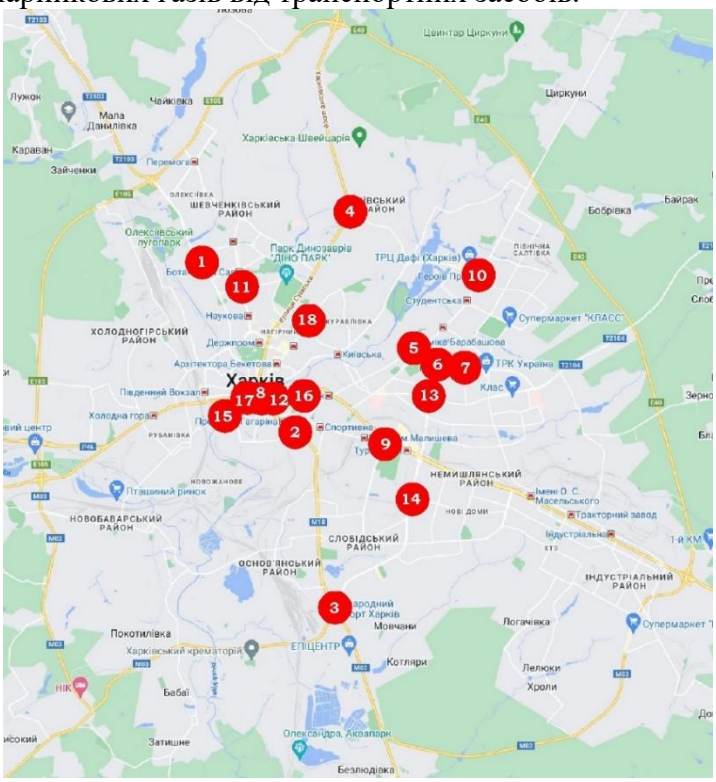


Рис. 4. Проблемні перехрестя м. Харкова з найбільшою сумарною інтенсивністю руху:
1 – вул. Клочківська – вул. 23 Серпня (4912 авт./год); 2 – пр. Гагаріна – вул. Молочна (5860 авт./год); 3 – пр. Гагаріна – пр. Льва Ландау (7532 авт./год); 4 – Білгородське шосе – вул. Ак. Проскури (5035 авт./год); 5 – вул. Академіка Павлова – пр. Ювілейний (5468 авт./год); 6 – пр. Льва Ландау – пр. Ювілейний (5211 авт./год); 7 – пр. Ювілейний – вул. Гв. Широнінців (8343 авт./год); 8 –вул. Університетська – Павлівська площа (5899 авт./год); 9 – Московський пр. – вул. Плеханівська (6609 авт./год); 10 – вул. Академіка Павлова – вул. Героїв Труда (4502 авт./год); 11 – пр. Науки – вул. Новгородська (4899 авт./год); 12 – вул. Кооперативна – пр. Героїв Харкова (4492 авт./год); 13 – пр. Льва Ландау – Салтівське шосе (5242 авт./год); 14 – пр. Льва Ландау – вул. Танкопія (5275 авт./год); 15 – Нетеченська набережна – Гончарівська дамба (5731 авт./год); 16 – пр. Героїв Харкова – пл. Фейєрбаха (5265 авт./год); 17 – Сергіївська площа – Полтавський шлях (5544 авт./год); 18 – вул. Пушкінська – вул. Весніна (4680 авт./год).

1. *Laura Žalimienė, Alfredas Laurinavičius, Audrius Vaitkus. Investigation into traffic flows on high intensity streets of Vilnius city // Transport 25(3), – 2010. – P. 244–251. DOI:10.3846/transport.2010.30.*

2. *Zhezherun, D. (2021). Traffic forecasting on the city road network taking into account the capacity limit. Three Seas Economic Journal, 2(2), 27-33. https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-2-5.*

3. *Abu Sayed, Maksudur Rahman, Moinul Islam Zaber, Amin Ahsan Ali. Understanding Dhaka city traffic intensity and traffic expansion using gravity model // 20th International Conference of Computer and Information Technology, 22-24 December 2017, Dhaka, Bangladesh, 2017. – DOI:10.1109/ICCITECHN.2017.8281770. https://ieeexplore.ieee.org/document/8281770.*

4. *Andrzej Czyżewski, Józef Kotus, Grzegorz Szwoch. Estimating Traffic Intensity Employing Passive Acoustic Radar and Enhanced Microwave Doppler Radar Sensor // Remote Sens. 2020, 12, 110; 12(1):110 doi:10.3390/rs12010110.*

5. *Apronti, D., Ksaibati, K., Gerow, K., Hepner, J., 2016. Estimating traffic volume on Wyoming low volume roads using linear and logistic regression methods. Journal of Traffic and Transportation Engineering 3 (6), 493–506. https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.02.004.*

Завальний О. В. Характеристика магістральної вулично-дорожньої мережі міста Харкова / О. В. Завальний, І. Е. Линник // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2014. – Вип. 37. – С. 241–246.

УДК 656.02:640.2

DOMESTIC SOLID WASTE COLLECTION ROUTES OF VEHICLES IN A MEGA CITY WITH FIXING THE LEVEL OF CONTAINER FILLING

МАРШРУТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЗБОРІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В МЕГАПОЛІСІ ПРИ ФІКСАЦІЇ РІВНЯ ЗАПОВНЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ

Оліскевич Мирослав

Львівський національний університет природокористування
вул. В.Великого, 1, м. Дубляни, Львівська область 33028

Зі зростанням географічного розміру і чисельності населення мегаполісів інтенсивність утворення побутових відходів зростає. Одночасно посилюються також вимоги до переробки відходів, що передбачає їх сортування як на етапі нагромадження, так і при зборі й утилізації. Усе це суттєво ускладнює використання автотранспорту, який є головною ланкою в комунальній системі міст. На фоні того, що вимоги до його екологічності також зростають, автомобілі-сміттєвози мають використовуватись з максимальною продуктивністю, на найбільш ощадних режимах. Це означає, що загострюється потреба виконувати максимальний обсяг перевезень, забезпечуючи якнайменший пробіг по вуличній мережі мегаполіса. У зв'язку з цим актуальність задачі маршрутизації транспортних засобів, які працюють на збірних маршрутах, є надзвичайно високою. Однак, успішно вирішити ці задачі перешкоджають дві проблеми. По-перше, транспортні мережі збору сміття є дуже громіздкими. Наприклад, кількість контейнерних майданчиків, які потрібно відвідати автомобілям в населеному пункті з чисельністю близько 1 млн. осіб і густиною розселення 116 осіб на км^2 коливається в межах 200..300 [1]. Звісно, що кількість таких майданчиків зі збільшенням масштабу міста також пропорційно зростає. Таким чином, розмір задачі маршрутизації автомобілів-сміттєвозів є одним з найбільших серед задач організації роботи автотранспорту, який обслуговує мегаполіс. Отже, не зважаючи на можливість прогнозування, інтенсивність наповнення сміттєвих контейнерів є випадковою величиною з високою дисперсією. При цьому спостерігається значна нерівномірність вхідних потоків сміття як в часі, так і в просторі. Це суттєво ускладнює задачу оперативного планування роботи парку транспортних засобів, які задіяні в перевезенні. Планування здійснюється, переважно, централізовано комунальною службою міста. Однак є відомі приклади, коли зусилля декількох незалежних перевізників зосереджені на території міста. Тоді місця збору відходів є розподілені між цими транспортними підприємствами і між ними точиться конкуренція за якість обслуговування. Таким чином, маршрутизація автомобілів скорочується до зони обслуговування одного підприємства, однак вона стосується оптимізації декількох паралельних маршрутів з одним пунктом відправлення і одним пунктом прибуття. Це, з одного боку, зменшує розмірність задачі маршрутизації і дає змогу отримати точні розв'язання відомими методами. З іншого боку це відтинає область допустимих рішень від глобального оптимального розв'язання.

Існує також суперечність в методології організації вивезення ТПВ у великих мегаполісах. Комунальні служби до цього часу керуються нормами утворення сміття залежно від чисельності населення. При відсутності достовірної інформації про фактичне нагромадження відходів автомобільні вантажні перевізники намагаються вкорочувати планові збірні маршрути руху сміттєвозів для того, щоб не виконувати зайвий пробіг. При цьому періодичність збору сміття є, як правило, більшою, ніж реальне його нагромадження у контейнерах фіксованого об'єму. Для автомобілів-сміттєвозів важливо є не тільки розробити найкоротший маршрут, але й розклад його виконання з врахуванням інтенсивності

нагромадження відходів. Внаслідок відсутності чітких розкладів роботи вантажівок на маршрутах окремі контейнери залишаються переповнені відходами, що порушує умови санітарних норм. З іншого боку, керуючись доступною інформацією про інтенсивність наповнення сміттєвих контейнерів, комунальники не можуть забезпечити експлуатацію вантажівок з близькою до максимальної фактичною вантажомісткістю і скоротити загальний пробіг парку до мінімуму. Цьому перешкоджає досить високий рівень нерівномірності транспортних завдань і високий рівень невизначеності умов маршрутизації. Тому запропоновано спосіб і алгоритм вирішення проблемних ситуацій в організації збірних маршрутів на основі загальної задачі мультиагентної маршрутизації [2].

Формулювання задачі є таким. Задана транспортна мережа міста, яка складається з n пунктів (контейнерних майданчиків), пункту відправлення автомобілів (депо), який є також пунктом їх остаточного повернення. Приймається, що остаточний пункт вивезення сміття суміщений з депо. Транспортні пункти мережі мають позначення q_1, q_2, … q_n, де q_1 – депо автомобілів-сміттєвозів. Відстані між будь-якою парою пунктів мережі є відомі і вони формують симетричну нульову матрицю $A_0=(a_{0.i.j})$. Задача розглядається для кожного сорту сміття окремо. Обсяг наповнення контейнерів є випадковою величиною. Не застосовуючи спеціальних телеметричних засобів, на початок планового періоду перевезень можна стверджувати, що об'єм відходів v_i у i-му контейнері не перевищує числового значення меж наповнення:

$$v_{i.\min} \le v_i \le v_{i.\max}, \tag{1}$$

де $v_{i.\min}$, $v_{i.\max}$ – апріорні величини, які з достатньою точністю визначаються з попередніх транспортних циклів вантажівок. В подальшому величину v_i представляємо як частку від максимального фізичного наповнення контейнера (приймалось, що усі контейнери є однаковими). Таким чином об'єм вантажу у кожному пункті для вивезення можна подати як фіксовану дискретну величину, частку від одиниці. Для збору сміття комунальне підприємство використовує m=1…k транспортних засобів, які можуть відрізнятись номінальною вантажомісткістю $V_{k.n}$, яка вимірюється в кількості одиниць розвантажених контейнерів. Вантажівки потрібно використовувати так, щоб за один цикл, кожна з них була завантажена і вивезла об'єм сміття не менше, ніж $V_{k.\min}$, що назвемо мінімальною ефективною вантажністю сміттєвоза. Зміст задачі полягає у тому, щоб розробити такі m маршрутів, які починаються в депо q_1, проходять через вибрані пункти транспортної мережі, й завершуються також в депо. Множину транспортних пунктів, які усі мають увійти до m маршрутів, вибираємо, виходячи з критерію мінімального загального пробігу вантажівок:

$$L_\Sigma = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{i.j} \cdot a_{0.i.j} \to \min, \tag{2}$$

де $x_{i.j}$ – бінарна змінна, яка дорівнює 1, якщо шлях $a_{i.j}$ увійшов в сплановані маршрути, або 0 – в протилежному випадку, при обмеженні на мінімальну ефективну фактичну вантажність:

$$V_{k.\min} \le \sum_i v_i \le V_{k.c} \tag{3}$$

де v_i – об'єм i-х контейнерів, які потрібно вивантажити в один транспортний засіб на маршруті.

Кількість змінних $x_{i.j}$ відповідає розміру $n\times n$ матриці A_0 при m=1. Однак, якщо m>1, то початкову задачу можна спростити. Якщо у задачу з n пунктами і m>1 транспортними засобами ввести m–1 фіктивні вершини, то її можна розглядати як звичайну задачу

маршрутизації одного комівояжера. Додані пункти приймаються за фіктивні депо, а нульові відстані застосовані між фіктивними депо та іншими пунктами.

Алгоритм алфавітного пошуку є ефективним для деяких класів складних задач, де всі можливі рішення організовані в порядку, подібно як слова в будь-якому словнику, таким чином, що часткове слово позначає блок слів і є лідером блоку. Нижні межі обчислюються для цільової функції для кожного з цих блоків, які порівнюються з поточним «кращим рішенням». Якщо в поточному блоці, що розглядається, не знайдено кращого рішення («слова»), ніж поточне «найкраще рішення», то потрібно перейти з поточного блоку до наступного блоку. Але, якщо межа показує можливість мати краще рішення в цьому блоці, то переходять до його підблоку, об'єднавши поточного лідера з відповідною літерою, а потім обчисливши його нижню межу. Часткове слово (неповний маршрут), що містить деякі пункти, називається *лідером блоку* слів. Для MVRP кожне місто, включаючи фіктивне депо, розглядається як літера будь-якого алфавіту. Тому всі слова (розв'язки) у словнику поділяються на блоки. Розрахувати та знайти компактну нижню межу (infimum) для лідера блоку для цільової функції для MVRP є дуже складно. Тому нами розглядається нижня межа, яка використовується для аналогів. Так, якщо задано n пунктів і m транспортних засобів, то кількість можливих варіантів маршрутів, які потрібно розглянути при умові повного перебору, становить $(n+m-2)!$. Наприклад, при 7 пунктах і 2-х транспортних засобах кількість варіантів становить 362880. При застосуванні алфавітного алгоритму без додаткових обмежень кількість варіантів перебору залежить від величин матриці A_2. Чим вищий коефіцієнт нерівномірності числових значень матриці, тим менше варіантів маршрутів доведеться розглядати. Однак, якщо елементи $a_{2.i.j}$ є приблизно однаковими за числовим значенням, що характерно для транспортної мережі мегаполісу, то алфавітний алгоритм не дає відчутного покращення евристичного пошуку [2]. Тому нами було застосовано додаткові обмеження типу (3). Обмеження на рівень заповнення контейнерів мають подвійний ефект. По-перше, серед наявних пунктів для складання поточного плану вибирають ті, які найбільш заповнені, що прямо впливає на скорочення цілого маршруту.

Розроблений алгоритм і комп'ютерну програму було застосовано для визначення планування маршрутів парку автомобілів залежно від ступеня наповнення контейнерів та відповідної періодичності збору сміття. Для цього було використано дані про систему збору сміття в мегаполісі міст Львова і Києва. Сміттєві майданчики в місті Львові (рис.1) включають від 1 до 8 контейнерів.

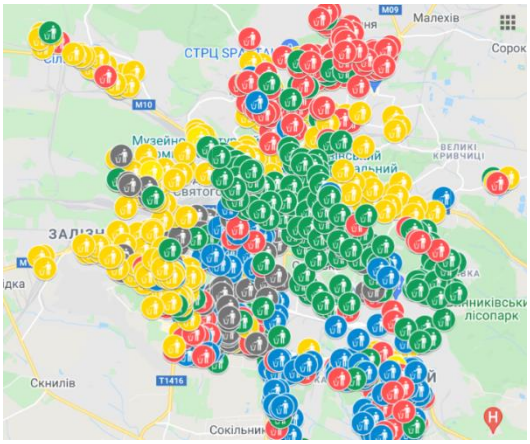


Рис.1. Карта розташування сміттєвих майданчиків м. Львів

Застосовано сортування сміття на 2-4 види: органічні відходи, скло, папір, пластик. Система утилізації відходів налагоджена так, що збором і транспортуванням сміття займається, переважно, декілька приватних та державних комунальних підприємств (на рис.1 закріплені за ними майданчики позначені 5 різними кольорами). Точна інформація про інтенсивність нагромадження і вивезення органічного сміття в мегаполісі є недоступна.

Однак, у комунальників є апріорна інформація про те, що на початок наступного планового періоду рівень наповнення того, чи іншого контейнера буде приблизно дорівнювати, відповідно 0.2, 0.3, … 1.0 від $v_{i.\max}$.

Внаслідок пошуку були знайдені гарантовані оптимальні рішення стосовно конфігурації маршрутів з обмеженням на їх максимальну вантажність. Проведено моделювання впливу організації маршрутів на досягнення показників використання автотранспорту комунального підприємства на даних спостереження в період квітень-травень поточного року. Встановлено, що за цей період інтенсивність нагромадження ТПВ на контейнерних майданчиках залишалась, приблизно, сталою. Для вибраної кількості транспортних пунктів виконано маршрутизацію при змінній кількості автомобілів. При цьому отримано гарантовані розв'язки сформульованої задачі. Різна кількість автомобілів, залучених до перевезення, приводить до різних результатів. Стосовно отриманих початкових даних мегаполісу було узагальнено результати за двохмісячний період і побудовано такі залежності (рис. 2).

Видно, що при сталій кількості транспортних пунктів і обсягах вантажів, готових до перевезення, залучена кількість автомобілів має оптимальне значення. Так при недостатній кількості автомобілів їх сумарний пробіг зростатиме через велику складність конфігурації маршрутів в мегаполісі, що, в свою чергу пов'язано з транспортною схемою вулично-дорожної мережі. Якщо кількість вантажівок є більшою, ніж оптимальна, то загальний пробіг автомобілів зростатиме через велику частку холостих пробігів.

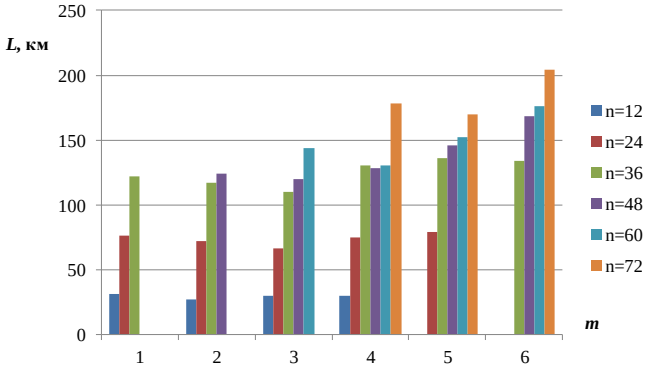


Рис. 2. Залежність сумарного пробігу на маршрутах від кількості задіяних транспортних засобів m і кількості пунктів на маршрутах

За результатами проведених досліджень і апробації розробленого алгоритму маршрутизації ми дійшли таких висновків.

1. Алфавітний алгоритм, який застосовано до пошуку найкоротших маршрутів для сукупності транспортних засобів дає змогу знайти гарантоване точне рішення при допустимій тривалості пошуку з допомогою розробленої комп'ютерної програми.

2. Застосування обмежень по максимальній і мінімальній вантажності в алгоритмі маршрутизації, при наявності апріорної інформації стосовно рівня заповнення сміттєвих контейнерів дає змогу скоротити необхідний початковий обсяг вхідних даних. Такі обмеження також скорочують кількість варіантів перебору маршрутів.

3. При залученні різної кількості транспортних засобів до одного і того ж обсягу транспортної роботи на зборі та утилізації ТПВ існує оптимальна маршрутна схема, для якої сумарний пробіг вулично-дорожною мережею мегаполісу буде мінімальною.

1. Archetti C., Boland N., Grazia Speranza M. A matheuristic for the multivehicle inventory routing problem. INFORMS Journal on Computing, 2017. 29.3: 377-387.

2. Wang Yong, et al. Collaborative Multidepot Vehicle Routing Problem with Dynamic Customer Demands and Time Windows. Sustainability. 2022. 14.11: 6709.

УДК 355.41

MANAGEMENT OF WAREHOUSE INVENTORIES AT ENTERPRISES CAR REPAIR

УПРАВЛІННЯ СКЛАДСЬКИМИ ЗАПАСАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Очеретенко Сергій

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002

Measures aimed at improving the efficiency of the functioning of the enterprise in modern conditions are considered. The formation of a system for managing stocks of auto parts at enterprises engaged in car repair is considered. A new approach to inventory management of auto parts is proposed, which will increase the profit of the enterprise.

У даний час при наявності високої конкуренції у підприємств, питання управлінням запасами є дуже актуальним. Усі підприємства прагнуть мати такий рівень запасу який дозволить зменшити витрати на утримання запасів.

Проведений аналіз дозволив встановити, що на теперішний час не існує єдиного підходу до управління запасами [1-3]. Одні фахівці вважають, що теоретичні моделі управління запасів досить детально розроблені та досліджені, інші, наполягають, що управління запасами систематизовані лише частково. Таким чином подальший розвиток теорії управління запасами може відбуватися по наступним варіантам:

– розвиток теорії управління запасами можливо здійснювати за рахунок автоматизації отримання даних і на основі отриманих даних приймати керуючі заходи.

– розвиток теорії управління запасами заснований на подальшому розвитку аналітичних моделей з використанням імітаційно-імовірнісних моделей.

Запаси автозапчастин є необхідною основою для виробничої діяльності підприємств, які здійснюють ремонт транспортних засобів. Запаси представляють собою один з найважливіших чинників, які забезпечують безперервність ремонту.

Витрати, які пов'язані з запасами – це одна з основних складових собівартості продукції і послуг, що визначають її конкурентоспроможність.

Автори [1-3] вважають, що ознаками поганого управління запасами є:

– зростаюча кількість затримок виконання запасів;
– збільшення грошових інвестицій у запаси зі збереженням числа затриманих замовлень;
– висока інтенсивність відтоку споживачів;
– збільшення числа відмов від замовлень;
– періодична нестача достатнього простору для зберігання запасів;
– погіршення відносин з посередниками;
– велика кількість номенклатур застарілої продукції.

Питання визначення оптимального розміру замовлення [4] на підприємстві, яке займається ремонтом автомобілів в даний час є дуже актуальним. Надмірні замовлення спричиняють надлишки запасів, що призведе до іммобілізації фінансових коштів. Малий розмір замовлень призводить до дефіциту товару і відповідно втрати потенційного прибутку. Таким чином на підприємствах треба проводити нормування запасів.

Проведений аналіз публікацій [1-3] показав необхідність розрахунку, поточного та страхового запасів на підприємствах. Так на думку Дж. Р. Стоку, Д.М. Ламберта до основних факторів мінімізації запасів відносять: плату за зберігання запасів, упущений дохід, втрати

запасів, якісні зміни продукції. Для цього використовуються різні стратегії управління запасів (фіксований період, фіксований інтервал та ін.). В результаті аналізу встановлено, що виконання статистичного розрахунку процесів, що відбуваються на складі обмежується наступними процесами:

– зміна поточного запасу, який поповнюється дискретними поставками;

– зміна збутового запасу або запасів незавершеного виробництва з миттєвими витратами.

Проведений аналіз робіт у яких пропонується розраховувати значення страхового та поточного запасу за допомогою статистичних методів, дозволив зробити висновок, що вони можуть бути систематизовані з урахуванням однієї чи двох змінних, при цьому для оцінки відхилень випадкових величин при середніх значеннях можливо використовувати комбіновані оцінки.

Таким чином необхідно відзначити, що метою дослідження є визначення параметрів, які не враховуються при визначенні оптимального розміру замовлення на автотранспортних підприємствах і отримання моделі, використання якої забезпечить максимальний прибуток на підприємстві [4].

Аналіз даних про постачання і споживання на підприємствах, які займаються ремонтом автомобілів показав, що існують три різні причини виникнення замовлень.

Перший – викликаний ремонтом нових автомобілів проданих автотранспортними холдингами. У цьому випадку характер замовлення деталей прогнозований, та має рівномірний попит протягом року.

Другий потік постачань – викликаний капітально відремонтованими автомобілями з різних СТО або автотранспортних підприємств. Поставки цих партій на кожному підприємстві різний. Це залежить від промислової можливості підприємства.

Третій – викликаний випадковим процесом відмови деталей і подальшою заміною необхідних для автомобіля. В даному випадку терміни поставки не постійні і змінюються протягом року. Третій потік замовлень саме непередбачений.

Таким чином витрати автозапчастин зі складу визначаються кількістю вимог, що надійшли на склад і їх наявністю на складі. Велика кількість витрат деталей пов'язана з капітальним ремонтом автомобілів і малою витратою викликаних ремонтом окремих елементів автомобіля.

Для врахування вищевказаних роздумів запропонована модель, яка враховує втрати які викликані наявністю дефіциту продукції.

$$R_i = N_i(P_i + C_i) - \left(S_i \cdot C_i + \frac{C_0 \cdot S_i}{Q_i} + \frac{Q_i(P_i + C_i)f}{2}\Delta + (1-\Delta)\alpha k Q_i + t_p \cdot C_{\text{зб.гр.}} \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{Q}{\overline{q}}} + C_{\text{Д}} \cdot F(\overline{q}, \sigma, Q, P(x)) \right) \quad (1)$$

де N_i – кількість проданих одиниць товару i-ї номенклатури;

P_i – прибуток від продажу одиниці товару i-ї номенклатури;

C_i – собівартість товару i- ї номенклатури.

S_i – запланований обсяг продажів по i-ї номенклатурі;

Q_{oj} - величина замовлення запчастин (поставки);

C_0 – загальні витрати на організацію і виконання замовлення (транспортування), що відображають переробку на складі;

f – частка від ціни, яка припадає на витрати по зберіганню;

α – витрати на зберігання продукції з урахуванням займаної площі,

k_i – коефіцієнт, який враховує просторові габарити товару;

Δ – коефіцієнт, що враховує ступінь участі різних видів витрат на зберігання.

t_p – коефіцієнт, що відповідає ймовірності P відсутності дефіциту на складі;

$C_{\text{зб.гр.}}$ – витрати на зберігання страхового запасу;

σ – середнє квадратичне відхилення щоденної витрати продукції;

$\overline{q}$ – середнє значення щоденної витрати продукції;

$C_д$ – витрати, пов'язані з дефіцитом продукції.

Таким чином використання запропонованої моделі дозволить визначити прибуток підприємства в залежності від обсягів замовлення партій номенклатури, які враховують витрати які пов'язані з дефіцитом продукції.

1. Bowersox D. Supply Chain Logistics Management / Donald Bowersox, David Closs, M. Bixby Cooper. – McGraw-Hill Education, 2019 – 480 p.

2. Крикавський Є.В. Логістика. Для економістів. [Текст] / Є. В. Крикавський. – Львів: львівська політехніка, 2004. – 448 с.

3. Кислий В.М. Логістика. Теорія та практика / В.М. Кислий, О.А. Біловодська, О.М. Олефіренко, О.М. Соляник. – К.: Центр навчальної літератури, 2019 – 360 с.

4. Очеретенко С.В. До питання про управління запасами автомобільних запчастин на торгових підприємствах // Комунальне господарство міст,2018. Вип. 142. С. 114-117.

УДК 658.078

LOGISTICS MANAGEMENT OF THE WAREHOUSE SYSTEM OF CARRIERS SEGMENT B2C

ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ СКЛАДСЬКОЮ СИСТЕМОЮ ПЕРЕВІЗНИКІВ СЕГМЕНТУ B2C

Птиця Наталія, Ковцур Катерина

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002

Abstract. The efficiency of delivery and postal items is currently a necessary condition without which the normal circulation of goods and services, as well as human life at the present stage of development of society is impossible. Delivery is the link between the production and consumption of goods and services, serving both producers and consumers. The continuity of logistics customer service in today's market conditions must be ensured by the efficient operation of the warehouse. A distinctive feature of the mechanism is the work of the warehousing system, as the subject of work of express delivery companies is not a product but a service. Despite the existence of various methods and systems for optimizing the warehousing process, the peculiarities of the operation of the warehouse at express delivery enterprises remain insufficiently considered.

Служби доставки всіх країн світу сьогодні існують у швидкоплинному конкурентному середовищі. Ефективність доставки та поштових відправлень наразі є необхідною умовою, без якої неможливі нормальний обіг товарів та послуг, а також життєдіяльність людини на сучасному етапі розвитку суспільства. Важливим чинником, на який необхідно звернути увагу при аналізі роботи підприємства - це сегмент. Найбільш поширеними є сегменти B2B та B2C, що чинить значний вплив при виборі перевізника. Саме сегмент певним чином визначає майбутній спосіб доставки, терміни та габарити вантажу і особливості функціонування.

B2C — «business to consumer», загальноприйняте скорочення для позначення бізнесів, що продають товари та послуги клієнтам для особистого користування. Служби експрес-доставки надають послуги прискореної доставки, що забезпечує більш швидке отримання адресатом товару, тому даний варіант найбільше підходить для сегмента B2C. В Україні даний сегмент представляють компанії Нова Пошта, Delivery, Ін-Тайм та ін..

Оскільки доставка є з’єднуючою ланкою між виробництвом й споживанням товарів, та активно впливає на управління та розвиток бізнесу й підвищення добробуту суспільства, то це спонукає підприємства експрес-доставки та поштових операторів, які надають логістичні послуги, до постійного удосконалення, впровадження новітніх методів та технологій при у своїй діяльності. Застосування логістичного управління до складських процесів наразі стає запорукою забезпечення нового потенціалу та можливостей для підприємств, що займаються експрес-доставкою та надають послуги доставки поштових відправлень за рахунок оптимізації параметрів роботи складу.

Незважаючи на існування різних методів та систем для оптимізації складського процесу - сучасний процес складування не можна назвати ідеальним. Нижче наведено основні проблеми сучасних складів що виділяються різними дослідниками [1–11].

- обсяг складських ресурсів дуже великий, а управління ними бажає кращого: рівень інновацій складів залишається досить низьким, що підвищує вартість товарно-матеріальних запасів та негативно позначається на ефективності логістичного процесу загалом;

- підприємства не приділяють достатньої уваги управлінню складським процесом. Більшість керівників не бачить, що вдосконалення складського процесу принесе прямі

економічні вигоди та допоможе покращити результативність всього підприємства в цілому, тому підприємства не вкладають кошти в інноваційні технології для підвищення ефективності складського процесу;

- неоптимізований складський процес викликає непотрібні трудовитрати та неправильне використання складських ресурсів (площ та стелажів). В результаті підприємства стикаються із проблемою складського простору, та ефективного розподілу запасів, які надходять;

- особливою проблемою у складському процесі є пошук та комплектація замовлень, як найбільш трудомісткі операції. Ситуація з пошуком та комплектацією замовлень ускладнюється тим, що дані операції за рідкісним винятком виконуються у ручну.

Сьогодні питання доставки вантажів будь-яких розмірів, пошти, пакетів із діловими паперами та товарів як по території України, так і за її межами не стоїть так гостро. Чим ширший перелік сервіс-послуг, тим легше долати багато завдань, які ставить перед людиною життя. Вантажоперевезеннями, які здійснюють авіакомпанії, автотранспортні підприємства та залізниця, можуть скористатися як приватні особи так і малий та великий бізнес. Швидка доставка вантажів сприяє тісній співпраці виробників та ділових партнерів.

Сучасні перевезення вантажів вийшли на високий рівень обслуговування клієнтів. У їх переліку послуг включені найпопулярніші види послуг. Експрес-доставка максимально скорочує час між відправкою та отриманням посилки. Кур'єрська служба забезпечує доставку її одержувачу.

Широкою популярністю транспортування вантажів користується у споживачів, які купують товари у інтернет-магазинах, а також у підприємств для перевезення малогабаритних виробів. Через низьку швидкість доставки та низьку якість обслуговування все менше і менше людей довіряють доставку звичайній пошті. Тому, виходячи з економії часу, перевага надається кур'єрським службам завдяки швидкій доставці та широкій мережі пунктів отримання посилки. Зазвичай експрес-пошта здійснює доставку «до дверей»: документацію та кореспонденцію в офіс або замовлений товар безпосередньо до квартири клієнта.

Прагнення вдосконалення технологій та ефективності у сфері логістики призвело до зростання інвестицій в основний капітал сфери розподілу, а також зміни структури та локалізації об'єктів логістики. В даний час спостерігається також тенденція вертикального інтегрування в даній сфері, тому все важче провести кордон між виробниками і реалізаторами транспортної продукції.

На думку фахівців, застосування логістичного управління саме до складу та запасів дозволяє скоротити їх рівень витрат на 30 % [1, 3]. Отже, ефективна політика управління складською системою на підприємствах експрес-доставки, сприяє підвищенню якості логістичного обслуговування та підвищенню їх конкурентоспроможності на ринку.

Служби експедиторської доставки можна порівняти з логістичними провайдерами, які надають послуги з аутсорсінгу, PL-провайдера, яка бере на себе функції виконання логістичних операцій, та виконують роль посередників між усіма учасниками. Це є комплексне надання послуг одразу за декількома напрямками. Саме така схема роботи українських експедиторських компаній є сьогодні однією із затребуваних. Перехід на більш якісний рівень забезпечив появу 3PL, тобто аутсорсингових компаній, які пропонують комплексну послугу з доставки вантажу за принципом «від дверей до дверей», виконуючи при цьому всі необхідні операції.

Механізм роботи експрес-доставки забезпечує, що при зверненні до логістичного посередника певного виду клієнт отримує комплексну послугу. Відмінною особливістю механізму є робота складської системи, оскільки предметом роботи підприємств експрес-доставки є не товар, а послуга.

Діяльність підприємств експрес-доставки не пов’язані з виробництвом продукції, але переміщення матеріальних потоків у логістичному ланцюзі неможливо без їх концентрації у певних місцях, для зберігання яких призначені відповідні склади. У зв'язку з цим проблеми, пов'язані з функціонуванням складів, мають значний вплив на раціоналізацію руху

матеріальних потоків у логістичному ланцюгу, використання транспортних засобів та витрат обігу.

Коли вантаж надходить на склад, співробітники складують, упаковують, завантажують у машину для відправлення до міста призначення. У потрібному відділенні вантаж вивантажується на складі і залишається там, поки клієнт не прийде за ним. Великі оператори доставки надають послугу «збірного перевезення» (користуються інтернет-магазини) вантаж може зберігатися на складі три робочі дні з моменту прибуття, з подальшим комплектуванням повної партії. Також існує послуга «доставка до мережевих магазинів», згідно якої вантаж може зберігатися на складі 5 робочих днів з моменту прибуття. Варто зазначити, якщо одержувач не встигає забрати відправлення протягом цього часу, то включається послуга «наднормативне зберігання», яке оплачується згідно тари-фам оператора.

Нестабільне, не скоординоване розміщення замовлень, опосередкованих системою фізичного розподілу, викликає небажані витрати у процесі руху матеріалопотоку. Тому деякі компанії беруть за правило підтримувати рівень складських запасів відповідно до поточного рівня реалізації. Це досить затратно, особливо для тих підприємств, рівень попиту на продукцію яких має короткострокові коливання. Система логістики може, також, викликати додаткове навантаження, у разі, якщо підприємство має нецентралізовану складську систему, тому що зростає загальний обсяг замовлень, що накопичуються на кожному складі [1, 3-5].

Виникнення транспортних запасів є наслідком дискретності різних видів транспорту. Доставка вантажів, а також їх вивіз, здійснюється в дискретні моменти часу, а їх споживання в процесі основного виробничого процесу здійснюється безперервно. Внаслідок цього в проміжку часу між двома черговими поставками доставлений вантаж повинен зберігатися у вигляді запасу, очікуючи подальшого споживання. Транспортний запас є вимушеним та обумовлюється необхідністю пошуку компромісу між невеликими запасами та великими транспортними витратами. Вирішується ця проблема шляхом визначення оптимального розміру замовлення [1, 3-7]

Роль, яка відводиться складуванню, у логістиці неоднозначна. З одного боку загальною тенденцією наразі є максимальне скорочення складських запасів. З іншого боку, уникнути створення складських запасів взагалі, здебільшого, не вдається [3, 4, 7]. Тому у логістичному менеджменті, як правило, складування продукції в логістичному розподільчому центрі здійснюється в тому випадку, якщо воно дозволяє знизити витрати, або покращити якість логістичного сервісу.

Розподільчі склади у експрес-доставці, основне призначення яких – перетворення виробничого асортименту на торговельний, а також на безперебійну систему різних споживачів, включаючи приватну мережу, які становлять найбільш численну та різноманітну групу. Розподільчі центри в різних регіонах збуту займаються обробкою тарних та штучних вантажів однорідної номенклатури зі швидкою оборотністю, що реалізуються великими партіями, що дає можливість здійснювати автоматизовану та високомеханізовану обробку вантажу. Це найпоширеніша категорія складів розподільчої логістики, щодо яких можна порушувати питання доцільності автоматизованої обробки вантажу.

Вирівнювання інтенсивності матеріальних потоків є одним з підходів до управління складуванням. Воно передбачає, що склад повинен бути не просто буфером між постачальником і споживачем, а й гнучко реагувати на зміни попиту шляхом управління розмірами партії поставки. Інтенсивність матеріального потоку встановлюється споживачем, тобто кожною наступною ланкою логістичної системи. Точність управління ускладнюється невизначеністю попиту кінцевого споживача на послуги доставки.

Наступним підходом до управління є перетворення складом асортименту матеріального потоку відповідно до попиту. Що означає створення необхідного асортименту до виконання замовлень клієнтів. Особливого значення даний підхід набуває саме у розподільчій логістиці, де товарний асортимент включає величезний перелік товарів різних виробників, що відрізняються за функціями, розміром, формою і т. д. Створення потрібного асортименту на

складі дозволяє ефективно виконувати замовлення споживачів та здійснювати більш приватні постачання в обсязі, необхідному клієнту.

Складську систему розподільчого центру підприємства з доставки відрізняє від звичайного накопичувального складу те, що важливою умовою є найшвидша доставка відправлення до кінцевого пункту призначення, тому у даній ситуації тривалість всіх операцій з вантажем на розподільчому центрі повинна бути мінімальною [3, 4, 6, 7].

До показників, які оцінюють інтенсивність роботи складу відноситься коефіцієнт оборотності товарів, цей показник визначається відношенням витрат товару на складі за календарний період, що розглядається до сумарного залишок товарів на складі на початок відповідно передостаннього облікового та останнього місяця [12, 13].

Коефіцієнт оборотності товарів завжди має бути більше одиниці. Коефіцієнт нерівномірності надходження вантажів на склад (вибуття зі складу) визначається відношенням максимального надходження (вибуття) вантажу у тоннах за певний період до середнього значення надходження (вибуття). Нерівномірність надходження вантажів чинить суттєвий вплив на розміри приймальних майданчиків та на характер роботи підйомно-транспортних механізмів. Розмір коефіцієнта нерівномірності надходження вантажів характеризує стан дефіцитності товарів, частоти завезення, кількості одночасно прийнятих та відвантажених груп товарів.

Важливими також при оцінці роботи складу є показники ефективності викорис-тання складських площ та об’ємів. Параметри даної групи дозволяють визначити, наскільки ефективно використовується складський простір при застосуванні конкретних видів складського обладнання [4, 7, 13]. До основних параметрів, що характеризує ефективність використання складських площ та обсягів, належать:

– проектна потужність складу, тобто максимальний вантажообіг складу, що виконується за передовою технологією і з використанням найбільш продуктивного обладнання;

– вантажонапруженість корисної площі складу це питомий показник, який характе-ризує вантажообіг, що припадає на 1 м2 корисної площі складу протягом розрахункового періоду [1, 4, 13];

– питома середня навантаженість на 1 м² корисної площі показує, скільки вантажу розташовується одночасно кожному квадратному метрі корисної площі складу [1, 4, 6];

– вантажонапруженість 1 м² загальної площі складу протягом року [1, 6];

Аналізувати результати діяльності складу та відображати ефективність процесів складської діяльності, охоплюючи всю систему логістичного обслуговування підприємства можна за допомогою параметрів оцінки якості обслуговування споживачів:

– абсолютний вантажообіг складу визначається як сумарна кількість вантажів різних найменувань, що «пройшли» через склад за визначений інтервал часу, можливо розрахувати окремо для прийнятих та відвантажених вантажів [1, 7, 13];

– відносний вантажообіг складу, це приведений сумарний вантажообіг по кожній номенклатурній позиції складу до фізичного обсягу [1, 3, 4, 7].

Уточнення відносного вантажообігу складу можна здійснювати, вдаючись до хронометражу операцій складської обробки різних товарних позицій та зіставляючи отримані результати між собою.

Представлені параметри роботи складу відображають об’ємно-масові характеристики складу, що дозволяють оцінити ефективність роботи складу по відношенню до використання його корисної площі, пропускну спроможність та потужність. Варто відзначити, що особливо важливими дані параметри є на стадії проектування.

Складська система підприємства експрес-доставки відрізняється від звичайного накопичувального складу тим, що у процесі, що розглядається важливою умовою є найшвидша доставка відправлення до кінцевого пункту призначення, тому у даній ситуації тривалість всіх операцій з вантажем на складському комплексі повинна бути мінімальною [12, 13].

Вищевказане свідчить, що підходи до управління складуванням носять певною мірою абстрактний характер, та не враховують дію багатьох реальних чинників. Зокрема, не враховується вплив таких важливих чинників, як: класифікаційні характеристики та особливості матеріалопотоку, часові та об'ємні характеристики попиту на послугу доставки. Особливістю логістичної системи підприємства експрес-доставки є те, що основною функцією складу є перерозподілення та консолідація вантажів, тому він повинен розглядатися не відокремлено, а як частина логістичної системи, керуючись головною стратегією розвитку підприємства.

1. Jon Schreibfeder. Achieving Effective Inventory Management. 5 th. ed., Published 2010 by Effective Inventory Management, Inc., 304.

2. Gwynne Richards. Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. London: Kogan Page Limited. – 2014, 449.

3. Літвінова, Я. В. Удосконалення логістичного управління різними видами транспорту, складуванням та переробкою вантажів у транспортних вузлах : монографія / Я. В. Літвінова. - Дніпро : НГУ, 2018. - 143 с..

4. Нефьодов М.А. Логістика / М.А. Нефьодов, С.В. Очеретенко. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 164 с.

5. Yang, L.R. & Chen, J.H. (2012) Information systems utilization to improve distribution center performance: From the perspective of task characteristics and customers. Advances in Information Sciences and Service Sciences, – 2012, 4(1), 230-238.

6. Запорожченко Т. Г., Писаренко В .В. Діяльність дистрибутивних центрів та їх роль у сучасній логістичній системі. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – 2012, 1(4). 131-136.

7. Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M., Bowersox, J. Supply Chain Logistics Management (4th ed.). New York: McGraw-Hill. 2013.

8. Овчаренко Г. С., Рудківський О. А. Управління ланцюгами постачання підприємства на основі системи SCM. Вісник Хмельницького національного університету – 2011, 3(1). 138-142.

9. Kockelman K., Chen T. D., Larsen K., Nichols B. The economics of transportation system: a reference for practitioners. Austin: University of Texas at Austi, 2014.

10. Feng, B., Ye, Q. Operations management of smart logistics: A literature review and future research. Front. Eng. Manag. – 2021, 8, 344-355.

11. Mahroof, K. A human-centric perspective exploring the readiness towards smart warehousing: The case of a large retail distribution warehouse. Int. J. Inf. Manag. – 2019, 45, 176-190.

12. Laosirihongthong, T., Adebanjo, D., Samaranayake, P., Subramanian, N., and Boonitt S. Prioritizing warehouse performance measures in contemporary supply chains. International Journal of Productivity and Performance Management, – 2018, 67, 9, 1703-1726.

13. Staudt F., Di Mascolo M., Alpan G., Carlos M. Rodriguez T. Warehouse performance measurement: classification and mathematical expressions of indicators. ILS - 5th International Conference in Information Systems, Logístics and Supply Chain, Dinalog BETA TRAIL, Breda, Netherlands, – 2014, 1-9.

УДК 656.05

SIMULATION OF PROCESSES FOR IMPROVING CUSTOMS OPERATIONS WHEN PERFORMING INTERNATIONAL TRANSPORTATION

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УДОСКОНАЛЕННЯ МИТНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Тхорук Євген, Кисіль Володимир

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

This article gives mathematical descriptions of an imitation model of the process of making customs operations at the vehicle checkpoint. A theory of mass service was a tool to assess vehicle checkpoint's bandwidth.

Розвиток митних органів націлений на ефективний митний контроль та сприяння міжнародній торгівлі. За останні роки митна система України значно просунулась у розробці, впровадженні та широкому застосуванні передових митних технологій у сфері здійснення митних операцій та здійснення митного контролю, переслідуючи основну мету митного адміністрування – прискорення та спрощення митних процедур.

Формування складних техніко-технологічних підсистем, якою є інформаційна митна система, зазвичай, ведеться за умов фактичної нездійсненності повномасштабного перевірочного експерименту, що дозволяє оптимізувати параметри митного адміністрування. Зі значним збільшенням товаропотоку гостро постає питання підвищення навантаження на інформаційну систему митних органів. Що зумовлює виникнення технічних збоїв, уповільнення роботи інформаційних підсистем, і, зрештою, негативним чином впливає на пропускну спроможність пунктів пропуску.

На даний час, основною задачею є підвищення ефективності та якості організації роботи автомобільного пункту пропуску на основі застосування інформаційних митних технологій.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступне завдання, а саме: розробити математичну модель, яка дозволить визначити оптимальну пропускну спроможність міжнародного автомобільного пункту пропуску при здійсненні митного контролю за умов ресурсно-тимчасових обмежень.

Вплив митного контролю на зовнішню торгівлю загалом обумовлено тим, що операції з товаром, що його супроводжують, є частиною множини операцій, що здійснюються з моменту виникнення ідеї виконання зовнішньоторговельної угоди до моменту надходження товару до кінцевого одержувача. Отже, характерною особливістю процесів митного контролю є те, що вони можуть бути представлені у вигляді мережевої моделі. Це призвело до доцільності представлення задачі формування рішень щодо організації міжнародного постачання товарів та, зокрема, організації митного контролю у вигляді моделі ресурсно-тимчасової оптимізації на мережі.

В якості показника ефективності митного контролю як елемента множини операцій, що виконуються при реалізації міжнародного постачання товарів, приймають час виконання всього комплексу робіт, включених у мережу, що забезпечує необхідну якість контролю за дотриманням заборон та обмежень, встановлених митним законодавством.

Модель об'єкта, що розглядається, можна представити за допомогою наступного співвідношення для граничних ймовірностей стану аналізованої системи у вигляді:

$$\begin{cases} p_k = \dfrac{\rho^k}{k!}(k = 1,2,\ldots,n); \\ p_{n+1} = \dfrac{\rho^{n+1}}{n^i n!} p_0 (i = 1,2,\ldots,m); \\ p_0 = \left(1 + \dfrac{\rho}{1!} + \dfrac{\rho^2}{2!} + \ldots + \dfrac{\rho^n}{n!} + \dfrac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\right)^{-1}, \end{cases} \quad (1)$$

де n – кількість посадових осіб митного органу, які здійснюють митний контроль; m – кількість місць у черзі; $\rho = \dfrac{\lambda}{\mu}$ – коефіцієнт завантаження митного органу, що здійснює митний контроль; λ – інтенсивність представлення товарів для митного контролю; μ – інтенсивність видачі товарів після проведення митного контролю.

Приймаємо, що кількість транспортних засобів, що прибули за певний час на пункт пропуску, з товарами є випадковою величиною, заданою розподілом Пуассона з параметром λt.

Оскільки кожен транспортний засіб у системі рано чи пізно буде обслужений, то характеристики пропускної спроможності системи масового обслуговування складуть:

$$P_{відм.} = 0; \quad q = 1 - P_{відм.} = 1; \quad A = \lambda q = \lambda,$$

де $P_{відм.}$ – ймовірність відмови у проведенні митного контролю товарної партії, що надійшла; q – ймовірність проведення митного контролю товарної партії, що надійшла (відносна пропускна спроможність); A – середня кількість товарних партій, митний контроль яких проводиться за одиницю часу (абсолютна пропускна спроможність).

Середня кількість заявок у черзі ($\bar{r}$) при m $\to \infty$ становитиме:

$$\bar{r} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{n \cdot n!} \frac{1}{(1-x)^2}, \quad (2)$$

де середній час очікування складе:

$$\bar{t}_{очік.} = \frac{\rho^n p_0}{n \cdot \mu \cdot n!} \frac{1}{(1-x)^2}, \quad (3)$$

Середня кількість зайнятих посадових осіб митного органу, які здійснюють митний контроль ($\bar{z}$), визначаємо через абсолютну пропускну спроможність:

$$\bar{z} = \frac{A}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho, \quad (4)$$

Середнє число ($\bar{k}$) товарних партій, пов'язаних з митним органом, дорівнює сумі середньої кількості товарних партій у черзі та середньої кількості товарних партій, що проходять митний контроль:

$$\bar{k} = \bar{r} + \bar{z}, \quad (5)$$

Загалом співвідношення (1)–(5) забезпечують визначення основних параметрів існуючої нині організації функціонування митного органу під час контролю товарів, що переміщуються через митний кордон.

1. Маценко В. Г. Математичне моделювання: навч. посібник. – Чернівці: Чернівецький національний ун-т, 2013. – 519 с.

2. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування: навч. посібник / А. Л. Литвинов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.

3. Пасічник А. М. Математичне моделювання і оптимізація функціонування митного пункту пропуску / А. М. Пасічник, А. В. Сохацький, О. В. Брюховецький // Вісник АМСУ. – 2007. – № 3. – С. 80–89.

УДК 656.13

RESEARCH OF TRANSPORT FLOWS WITH THE HELP OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS OF GRADUATED NETWORKS

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОГРАФІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ГРАДУЙОВАНИХ МЕРЕЖ

Ужвієва Олена, Сорочук Наталія, Сорочук Юрій

Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха 7, Харків, 61050

Abstract. The study presents the local geometric characteristics of graded networks and describes an innovative method of presenting graded networks – the tuple method – by means of the local characteristics organized by special tuples. The authors suggested the method for presenting organization networks, which fully complies with the requirements for coherence, algorithmic simplicity, clarity and efficiency.

Дослідження представляє локальні геометричні характеристики градуйованих мереж і описує інноваційний метод представлення градуйованих мереж – метод кортежів – за допомогою локальних характеристик, організованих спеціальними кортежами. Авторами запропоновано метод подання організаційних мереж, який повністю відповідає вимогам узгодженості, алгоритмічної простоти, чіткості та оперативності.

Зміна індексації вузлів на рівні Gj градуйованої організації мережі викликає просту заміну кортежів у j-му рядку таблиці $T(G)$ і відповідну заміну других частин суфіксів кортежів у рядку $(j – 1)$, якщо є. Зрозуміло, що така зміна таблиці кортежу $T(G)$ є простим ефективним процесом, який дозволяє побудувати таблицю кортежу градуйованої мережі G шляхом зміни нумерації вузлів (це можна зробити на основі старого кортежу таблиця без схеми мережі G).

Проектування автомобільних доріг на територіях існуючої та перспективної міської забудови характеризується ймовірним перетворенням проїздів у міські вулиці з відповідними характеристиками дорожнього руху та містобудівного зростання у зв'язку з розширенням території. Тому планування вулично-дорожньої мережі на територіях населених пунктів повинно відповідати планувальним вимогам до вулично-дорожньої мережі, яка задовольняє найкращі транспортно-експедиційні вимоги до автомобільних перевезень та безпеки руху.

Вибір автомобільної дороги на перспективній забудові мікрорайону потребує такого планування, яке б задовольняло вимоги планування міських вулиць з точки зору найкращих показників автомобільного транспорту та безпеки руху. Схема кожної дороги визначається різними умовами, такими як історична мережа вулиць, виробничі, геоморфологічні, екологічні, гідрологічні та інші фактори, які впливають на формування проектної мережі доріг. Ці дані можуть бути використані для прогнозування можливостей зростання та остаточного планування.

З урахуванням перспективного зростання територій населених пунктів доцільно класифікувати їх за характеристиками зростання. Тенденції розвитку та абрис перспективної міської території будуть корисними для визначення території, на якій повинні бути забезпечені планувальні вимоги до магістральних ділянок доріг, та вибору тієї чи іншої схеми розташування вулично-дорожньої мережі. Одним з найважливіших питань при проектуванніні вулично-дорожньої мережі на території перспективного розвитку міста є обґрунтування будівництва об’їзних доріг.

Спеціально запроектовані та побудовані об’їзні дороги можуть спрямовувати транзитний автотранспорт за межі житлової зони та обслуговувати частину міського руху. Класифікація міських територій наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Класифікація населених пунктів

Групи міських населених пунктів	Характер міського зростання	Типові форми розподілу населення (підгрупи)
I	Міські території вільного зростання	А. Єдиний компактний міський район В. Столична агломерація
II	Міські території часткового зростання	А. Єдиний компактний міський район В. Лінійні житлові райони
III	Міські території обмеженого зростання	А. Єдиний компактний міський район В. Лінійні житлові райони

Ці дані можуть бути використані для прогнозування можливостей зростання та остаточного планування міської території. За результатами досліджень запропоновано використання методики еколого-енергетичного аналізу для визначення радіусу (віддаленості) проектованих об’їзних доріг навколо територій I групи згідно із затвердженою класифікацією. Цей метод називається методом одночасного доступу. Показником для еколого-енергетичного обґрунтування радіусу об’їзної дороги було прийнято співвідношення часу в дорозі між заданими точками (по об’їзних дорогах і міських вулицях). Дослідження базується на методі одночасного доступу, який використано для еколого-енергетичного обґрунтування проектованих об’їзних доріг лінійної забудови (II та III групи).

Таким чином, слід зазначити, що об’їзні дороги навколо лінійних житлових масивів можуть повністю направляти транзитний автомобільний транспорт за межі житлових масивів. Найбільш ефективним можна вважати будівництво об’їзних доріг навколо лінійних житлових масивів для в'їздів, що проходять уздовж житлових масивів. Така об’їзна дорога може обслуговувати весь транзитний автотранспорт і частину міського транспорту, що рухається в протилежні райони міста. У разі примикання поперечних в’їздів з двох сторін зона міста, що обслуговується об’їзною дорогою, значно зменшується і займає лише кінці міської території. При одночасному використанні декількох поперечних і поздовжніх в’їздів ця зона ще більше зменшується.

Об’їзні дороги навколо лінійних житлових районів можуть мати велике значення навіть за наявності поперечних в’їздів лише з одного боку. Територія міста, розташована з боку поперечних в’їздів, повністю обслуговується об’їзною дорогою.

1. Ugnenko, E. Uzhviieva, N. Sorochuk, Ye.Korostelov, G. Viselga. Research of Geographical Information Systems of Graded Transport Flow Networks of Ukraine, International Conference TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology, TRANSBALTICA 2019, Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, 2021, pp. 568–577.

2. Угненко Є.Б., Ужвієва О.М. Удосконалення методу обґрунтування будівництва обходів населених пунктів з урахуванням екологічних показників. Монографія. – Харків: ХНАДУ, 2014. – 136 с.

УДК 629.113

ON THE QUESTION CONSTRUCTION OF THE PRODUCTION SYSTEM IN ROAD TRANSPORT

ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Хітров Ігор

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Розвиток продуктивних сил, підвищення ефективності виробництва вимагають вироблення довгострокових стратегій розвитку підприємств транспортної галузі. Особливо зростає значення цих питань в умовах ринкової економіки, адже від правильного вибору довгострокової стратегії розвитку залежить подальше його існування [1].

Питання підвищення організаційно-технічного рівня повинні вирішуватися з урахуванням мети (поточних і перспективних цільових вказівок розвитку і функціонування всієї системи). Загальні цільові вказівки можуть збігатися з локальними цілями окремих підсистем, а можуть вибиратися і цільові настанови, властиві лише розглянутій системі, виходячи з її ролі в господарчому механізмі [4].

Транспорте підприємство повинно розглядатися як складна багатоступінчаста виробнича система з поділом за структурними рівнями, що передбачають чітку взаємодією їх елементів (організаційних, економічних відносин, поділом і використанням ресурсів тощо). Така система буде містити підсистеми з її відповідними елементами, кожен з яких визначає певний крок досягнення спільної мети (наприклад, виробничих та техніко-економічних показників).

Виробнича система – це не просто сукупність одиниць, де кожна частка керується законами причинного зв’язку, який діє на неї, а сукупність відносин між цими елементами (при дослідженні таких систем, при розробці проектів їхнього організаційно-технічного розвитку, необхідно враховувати їхню багатоступінчастість) [2].

Математичний опис такої системи буде визначатися максимальною кількістю можливих зв’язків V [3]:

$$V = n \cdot (n - 1), \tag{1}$$

де n – кількість елементів виробничої системи.

Максимальна кількість можливих станів H такої системи [3]:

$$H = 2n^{\cdot(n-1)}. \tag{2}$$

Для оцінки функціонування систем, їх прогнозного розвитку, найчастіше застосовуються складні математичні підрахунки. Найкраще оцінювати виробничі системи шляхом їх моделювання, тобто вивчати реальний об’єкт через призму подібності, наприклад імітаційним моделюванням середовища у співвимірному масштабі.

1. Шинкаренко В. Г., Левченко О. П. Формирование стратеги развития АТП. Економіка транспортного комплексу: Зб. наук. пр. Харків : ХНАДУ, 2004. Вип. 7. С. 88-99.

2. Біліченко В. В., Романюк С. О. Багатоступінчастість організаційно-технічного розвитку виробничих систем на автомобільному транспорті. Вісник ВНТУ. Вінниця, 2009, № 1. С. 1-5.

3. Бідняк М. Н., Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 176 с.

4. Говорущенко Н. Я. Варфоломеев В. Н. Экономическая кибернетика транспорта. Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. 218 с.

УДК 656.658

FEATURES OF MODELING TIME CHARACTERISTICS OF FREIGHT TRANSPORTATION IN INTERNATIONAL CONNECTION

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Швець Микола, Садовчук Олена

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

The main time characteristics of the vehicle's operation on the international route are given, taking into account their variability. The total duration of the flight in the international connection is determined

В сучасних умовах організаційно-економічна стійкість підприємств вимагає нових підходів до розробки комплексу сучасних методів підтримки прийняття управлінських рішень на всіх рівнях.

Для більшості вантажовласників транспорт є однією з найважливіших статей витрат у загальному логістичному ланцюжку. Дійсно, на транспорт припадає близько половини всіх інших витрат, включаючи виробництво, збут та інших, особливо це відчутно на міжнародних маршрутах. Виробники і покупці, постачальники і споживачі зазвичай дуже далекі територіально один від одного, що викликає необхідність побудови так званого «ланцюжка постачань», системи зв’язків між місцями зберігання товарів. У цій системі транспортування виконує роль своєрідного моста.

Ефективність та конкурентоспроможність логістичних систем та «ланцюжків постачань» висуває особливі вимоги до параметрів якості обслуговування споживачів. Одними з таких параметрів є середня тривалість циклу виконання замовлення, а також надійність постачання в заданий термін.

На сьогоднішній день в науковій літературі з логістики недостатньо чітко наведені параметри «точно в строк» а існуючі моделі досить складні з точки зору формалізації і аналітичного допису деяких її складових.

Разом з тим відомо, що зменшення невизначеності логістичного циклу є сьогодні однією з основних проблем логістичного менеджменту. В даний цикл, як правило входять випадкові величини що характеризують тривалості виконання окремих операцій. Основними серед них є: передача, обробка, комплектування, транспортування замовлення та доставка замовлення кінцевому споживачеві. Найбільш складною є операція транспортування замовлення. Це обумовлено тим, що зовнішнє середовище даної операцій характеризується більшим ступенем невизначеності, тобто існують різноманітні за своєю природою, розміром і частотою ризики. Основним серед них є маршрут, який характеризується певною довжиною, типом дорожнього покриття, місцевими правилами і іншими параметрами.

Порядок взаємовідносин між вантажовідправниками, перевізниками і вантажоодержувачами при здійсненні міжнародних перевезень вантажів регулюється Конвенцією про договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів (КДПВ, абревіатура - CMR, від ConventionMerchandisesRoutiers; міжнародна товарно-транспортна накладна, розроблена відповідно до конвенції КДПВ, також називається CMR - накладна) 1956 року впровадження, виробленої в рамках Комітету з внутрішнього транспорту ЄЕК ООН.

Міжнародні автомобільні перевезення є набагато більш складнішими в організаційному, технологічному та управлінському аспекті в порівнянні з внутрішніми перевезеннями.

Складність міжнародних перевезень полягає в необхідності враховувати операції, пов'язані з перетином кордонів, митним регулюванням вантажопотоків, документообігом, інспекційними перевірками транспортних засобів, дотриманням санітарних, екологічних та інших вимог.

Виходячи з цього, загальний час перевезення вантажів на міжнародних маршрутах може бути визначено за такою формулою:

$$T = \sum \left(t_{i,i+1} \cdot A + \tau_j \cdot B + \theta_k \cdot C \right) \quad (1)$$

де: $t_{i,i+1}$ – час руху між *i-тим і (i+1)-м* пунктами; τ_j – час оформлення митних документів в *j-тому* пункті (всередині країни і на прикордонних переходах); θ_k – час навантаження, розвантаження і складування в *k-тому* пункті; *A, B, C* – кількість ділянок руху автомобіля, пунктів митного оформлення і пунктів навантаження-розвантаження відповідно.

Як ми бачимо, всі складові формули (1) є випадковими величинами. Але саме даний підхід відображає реальну ситуацію безперервного знаходження автомобіля на лінії під час виконання міжнародного рейсу. В даній формулі враховано режим праці та відпочинку водія або екіпажу автомобіля згідно Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення, а також заборонами або обмеженнями на рух великовантажних автомобілів по території деяких європейських країн у вихідні та святкові дні та необхідністю проведення ремонтно-профілактичних заходів, зокрема, усуненням відмов, а також іншими причинами простою на лінії. Виходячи з цього, уточнена формула для загальної тривалості рейсу в міжнародному сполученні буде мати наступний вигляд:

$$T = \sum \left(t_{i,i+1} \cdot A + \tau_j \cdot B + \theta_k \cdot C + \varphi_i \cdot D + \psi_m \cdot E + \eta_n \cdot F \right) \quad (2)$$

де: φ_i - випадкова складова, що відображає збільшення часу рейсу для проведення ремонтно-профілактичних заходів і інших причин; ψ_m - випадкова складова, що відображає обмеження, пов'язані з Європейської угодою щодо роботи екіпажів транспортних засобів; η_n - випадкова складова, що відображає різні обмеження на рух великовантажних автомобілів; *D, E, F* - відповідно число випадків простою автомобіля з урахуванням зазначених причин.

Як видно з даної формули, вона враховує всі особливості вимог Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, в тому числі і пов'язані з накопиченням часу роботи водія протягом дня, тижня і двох тижнів, що призводить до стрибкоподібного збільшення часу виконання рейсу без зміни пройденого шляху (складова ψ_m). Подальша конкретизація вимог Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів зумовила необхідність введення в дану формулу наступних обмежень:

$$T_{\text{Д}} = 24 - T_{\text{від}} \quad (3)$$

де: $T_{\text{від}}$ – час щоденного відпочинку.

Також аналогічним чином можна врахувати обмеження при русі великовантажних автомобілів в деяких європейських країнах у вихідні (святкові) дні, в нічний час і т.п. Це також призводить до зростання часу перевезення і має бути враховано при виконанні розрахунків.

1. Горбачов П.Ф., Макарічев О.В., Немна Т.В., Свічинський С.В. Визначення закону розподілу критерію ефективності перевезень вантажів у міжнародному сполученні. Комунальне господарство міст. 2018. № 144 (2018). С. 15–23.

2. Немна Т.В., Свічинський С.В. Дослідження часу простою автомобілів на митних пунктах пропуску при виконанні міжнародних перевезень вантажів. Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: тези доповідей III всеукраїнської наук.-практ. конф. (м. Львів, 22-23 лютого 2018 р.). Львів, 2018. С. 156–158.

УДК 656.13

TRAFFIC SAFETY MEASURES IMPLEMENTED IN THE CITY OF DUBNO

РЕАЛІЗОВАНІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ МІСТА ДУБНО

Арабаджи Анжеліка, Хітров Ігор

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Серйозною проблемою у містах залишається недостатній рівень безпеки перевезень пасажирським транспортом. Так, згідно статистичних даних найбільша кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП) в розрізі міського пасажирського транспорту відбувається з легковим автомобілем – 60%, автобус з автобусом – 9% (рис. 1).

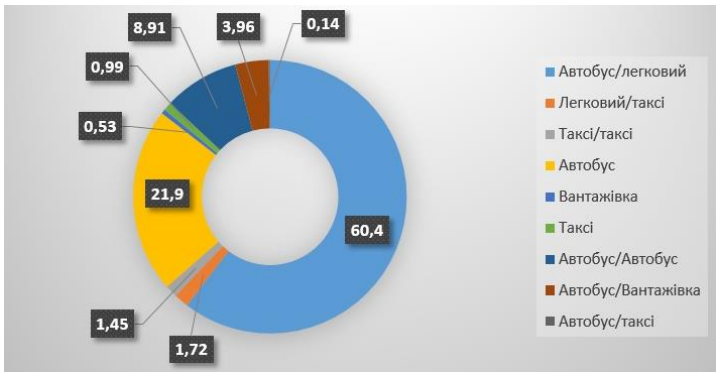


Рис. 1. Кількість ДТП за видами рухомого складу

За видом дорожньо-транспортних пригод найбільша кількість зіткнень припадає на попутні – 33%, бокові зіткнення – 19%, зіткнення транспортних засобів, який раптово зупинився – 16%.

Згідно даних Національної поліції України [1] названо десять причин ДТП, найбільшими з них в умовах міста є порушення правил маневрування (рис. 2).

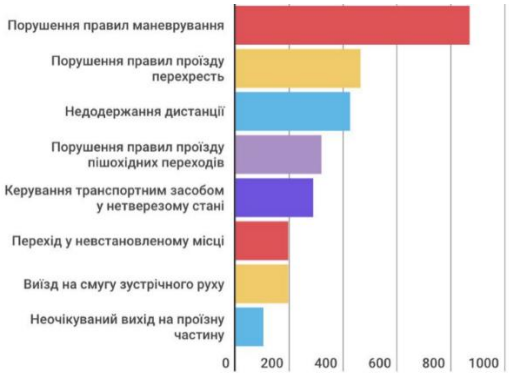


Рис. 2. Найпоширеніші причини ДТП в місті

Головною умовою перевезень пасажирів до місця призначення є забезпечення безпечної поїздки вулично-дорожньою мережею міста Дубно.

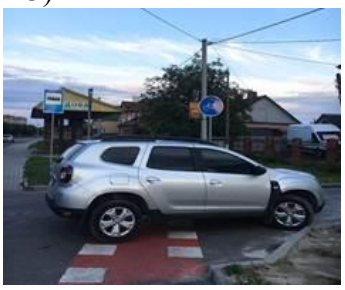
Вулично-дорожня мережа міста включає комплекс об’єктів інфраструктури (мережа вулиць і доріг, тротуари, пішохідні та велосипедні доріжки, набережні, майдани, площі, стоянки, майданчики для паркування транспортних засобів, технічні засоби організації дорожнього руху тощо) [2]. Вона забезпечує рух транспортних засобів (легкових, автобусів, вантажних тощо) і пішоходів.

На кожен окремий маршрут міського пасажирського транспорту складається паспорт. До паспорту маршруту включається схема маршруту з його характеристикою (перелік зупинок, відомості про аварійно-небезпечні ділянки, залізничні переїзди тощо); розкладу руху транспортних засобів, графік режиму праці та відпочинку водіїв [3]. Схема міського маршруту пасажирського транспорту виготовляється на плані міста (фрагменті) на якому наносяться лінії впродовж вулиць, якими здійснюється маршрут.

Важливим елементом складання схеми, з погляду безпеки перевезень, є нанесення інформацію про місця розвороту транспортних засобів, місця аварійно-небезпечних ділянок, залізничних переїздів тощо.

У місті Дубно станом на 2018-2022 роки для забезпечення безпеки дорожнього руху виконано роботи із встановлення додаткових світлофорів, пішохідних переходів, велосипедної доріжки, створено круговий рух переїзду перехрестя, відновлено дорожнє полотно для руху транспорті і пересування пішоходів (рис. 3).

а)

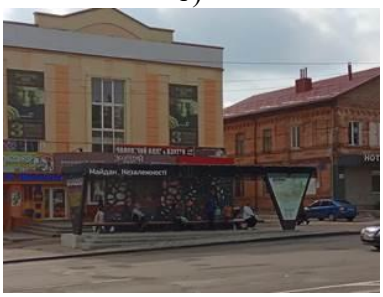


б)

в)

г)

д)



е)

Рис. 3. Запроваджені заходи щодо покращення безпеки руху містом Дубно: а – встановлення додаткових світлофорів по вул. М.Грушевського; б – велосипедна доріжка по вул. Садова; в – додаткове освітлення пішохідних переходів; г – відновлення дорожнього полота міста, наприклад, вул. Д.Галицького; д – організація кругового руху (район Базарчика; е – покращення зупинок громадського транспорту (Центр міста)

Таким чином, безпека дорожнього руху залежить від багатьох взаємодіючих факторів, таких як сам транспортний засіб, водій і дорога.

1. Причини ДТП в Україні. https://opendatabot.ua/blog/200-dtp

2. Закон України «Про благоустрій населених пунктів». http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T052807.html

3. Наказ «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження паспорта автобусного маршруту» №278 від 07.05.2010. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0408-10#Text.

УДК 629.45

PECULIARITIES OF MODELING THE VERTICAL LOADING OF A HOPPER TYPE CONTAINER PLACED ON A LONG BASE STRUCTURE OF A FLAT WAGON

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРА ТИПУ ХОПЕР, РОЗМІЩЕНОГО НА ДОВГОБАЗНІЙ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ

Ватуля Гліб, Ловська Альона

Український державний університет залізничного транспорту
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Краснокутський Євген

АТ "Укрзалізниця"
вулиця Єжи Ґедройця, 5, м. Київ, 03150

Забезпечення конкурентоспроможності залізничної галузі зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію транспортних засобів з покращеними експлуатаційними характеристиками. Вже тривалий час однією з найбільш пріоритетних складових транспортної галузі є контейнерні перевезення [1, 2].

На даний час в контейнерах стало можливим перевезення майже всіх типів вантажів. Разом з цим для забезпечення подальшої ефективності експлуатації контейнерних перевезень важливим є впровадження нових конструкційних рішень при проектуванні контейнерів [3, 4]. Такі рішення повинні бути спрямовані на підвищення їх функціональності, що дозволить покращити не тільки ефективність контейнерних перевезень, а і транспортної галузі в цілому. У зв'язку з цим питання проектування та впровадження у експлуатацію нових конструкцій контейнерів з покращеними експлуатаційними характеристиками є досить актуальними та важливими.

З метою підвищення ефективності перевезень вантажів запропоновано конструкцію контейнера типу хопер (рис. 1).

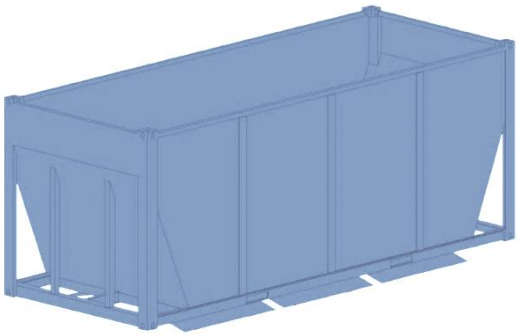


Рис.1. Контейнер типу хопер

Особливістю контейнера є те, що його торцеві та бокові стіни розміщені під деяким кутом для можливості саморозвантаження насипного або навалювального вантажу через розвантажувальні люки, які утворюють його підлогу (по три з кожного боку). Розвантаження контейнера може здійснюватися і через торцеву стіну (рис. 2). Для можливості перевезень у контейнері вантажів, які потребують захисту від атмосферних опадів він може бути

оснащений зйомним дахом. З метою забезпечення схоронності контейнера при розвантаженні вантажу через нижні люки на даху передбачені верхні люки. При здійсненні розвантаження необхідним є їх відкриття для ліквідації вакууму у середині контейнера при зсипанні вантажу. Також є можливим здійснювати завантаження контейнера через верхні люки.

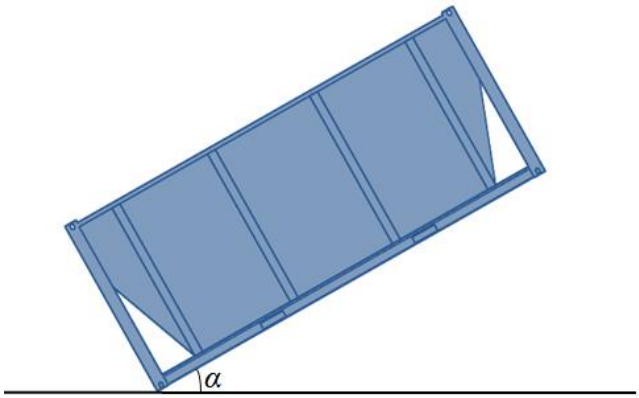


Рис.2. Розвантаження контейнера через торцеву стіну

Для забезпечення безпеки перевезень контейнерів типу хопер залізницею проведено визначення їх динамічної навантаженості. З цією метою авторським колективом сформовано математичну модель, яка характеризує вертикальні переміщення вагона-платформи, завантаженого контейнерами типу хопер.

Враховано, що вагон-платформа складається з трьох тіл – несуча конструкція, яка завантажена чотирма контейнерами та два візки моделі 18-100. Контейнери розглядалися як прикріплені маси, які повністю повторюють траєкторію переміщень несучої конструкції вагона-платформи у вертикальній площині. Розрахунок проведений за умови розміщення контейнерів на довгобазній конструкції вагона-платформи моделі 13-7024. Розв'язок математичної моделі здійснено за методом Рунге – Кутта у програмному комплексі MathCad. Початкові умови, тобто переміщення та швидкості, завдані рівними нулю. На підставі проведених розрахунків отримано основні показники динаміки вагона-платформи, завантаженого контейнерами. Встановлено, що максимальне прискорення, яке діє в центрі мас несучої конструкції вагона-платформи, а також на контейнери складає 1,28 м/с^2 (≈0,13g), що не перевищує допустиме значення [5, 6].

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування перспективних конструкцій контейнерів та підвищенню ефективності експлуатації контейнерних перевезень.

1. Stephen Tiernan, Martin Fahy. Dynamic fea modelling of iso tank containers. Journal of materials processing technology. 2002. №124 (1). P. 126 – 132.

2. Ловська А. О. Визначення навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при пружно-в'язкій взаємодії фітингів з фітинговими упорами. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2019. Вип. 184. С. 6 – 19.

3. Oleksij Fomin, Alyona Lovska. Improved models and constructs of structural interaction in railway container transportation. Monograph. Czech Republic, Ostrava: Tuculart Edition. 2022. 113 p. ISBN 978-80-908353-6-8; https://doi.org/10.47451/book2022-02-01

4. Oleksij Fomin, Juraj Gerlici, Glib Vatulia, Alyona Lovska, Kateryna Kravchenko. Determination of the Loading of a Flat Rack Container during Operating Modes. Applied Science. 2021. Vol. 11, 7623. https://doi.org/10.3390/app11167623

5. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). ДСТУ 7598:2014. Київ, 2015.

6. Вантажні контейнери. Контейнери універсальні (інтермодальні) для повітряних і наземних перевезень. Технічні умови і методи випробувань. ДСТУ ISO 8323:2015 (ISO 8323:1985, IDT). Київ, 2016.

УДК 629.45

REAEARCH OF THE LOAD OF THE CONCEPT OF A REMOVABLE MODULE FOR THE TRANSPORTATION OF LONG LOADS

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНЦЕПТУ ЗЙОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ

Ватуля Гліб, Ловська Альона, Павлюченков Михайло

Український державний університет залізничного транспорту
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Забезпечення ефективності функціонування машинобудівної галузі зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію сучасних конструкцій транспортних засобів. Найбільш конкурентоспроможною складовою машинобудівної промисловості вже тривалий час є залізничний транспорт на долю якого припадає визначальний сегмент вантажо- та пасажироперевезень.

Для утримання лідерських позицій і підвищення ефективності залізничних перевезень актуальним є ситуаційна адаптація існуючого рухомого складу під перевезення завданої номенклатури вантажів [1, 2]. Одним із варіантів досягнення цього є впровадження зйомних модулів. Дані модулі встановлюються на відкриті вагони, зокрема, вагони-платформи, адаптуючи їх до перевезень відповідних вантажів. Закріплення модулів на рамі вагонів-платформ здійснюється здебільшого через фітинги, розміщені у кутових зонах.

Одним з найбільш поширених типів вантажів, які перевозяться на вагонах-платформах є довгомірні, наприклад, ліс у хлистах, круглі труби тощо. Для перевезень їх на універсальних вагонах-платформах здійснюється використання дерев'яних вертикальних стійок, що встановлюються в лісові скоби. Важливо сказати, що не всі вагони-платформи оснащені такими елементами, що спричиняє нестачу рухомого складу для здійснення відповідних вантажоперевезень. Крім того, внаслідок дії циклічних експлуатаційних навантажень можливим є порушення надійності перевезень вантажів, закріплених за такою схемою. Наслідками цього можуть бути аварії та катастрофи на залізничному транспорті. Тому важливим є створення та впровадження в експлуатацію зйомних модулів, які сприятимуть не тільки адаптації вагонів-платформ до перевезень довгомірних вантажів, а і безпеці їх руху у складі поїздів.

Для адаптації вагонів-платформ до перевезень довгомірних вантажів пропонується впровадження зйомного модуля (рис. 1). Особливістю зйомного модуля є те, що складові його рами (днища) виготовлені з відкритих профілів в яких розміщуються пружні елементи, перекриті горизонтальними листами. Таке рішення дозволяє зменшити динамічні навантаження, які діють на модуль за рахунок пружно-дисипативних сил, що виникають при коливаннях підскакування вагона.

Для вибору оптимальних з точки зору мінімальної матеріалоємності профілів виконання зйомного модуля проведено його розрахунок як стрижневої системи на шарнірно-нерухомих опорах по кутах. При цьому застосовано програмний комплекс "Ліра". На підставі проведених розрахунків отримано епюри згинальних моментів, які діють на складові зйомного модуля. За максимальними значеннями згинальних моментів визначався момент опору складових модуля. Далі здійснювався вибір профілів його виконання. У якості профілю виконання рами зйомного модуля обрано П-подібний профіль або профіль утворений трьома листами, товщиною 9 мм. Стосовно стійок – профіль, утворений трьома листами, товщиною 12 мм. При проведенні розрахунків коефіцієнт запасу прийнято рівним 1,3.

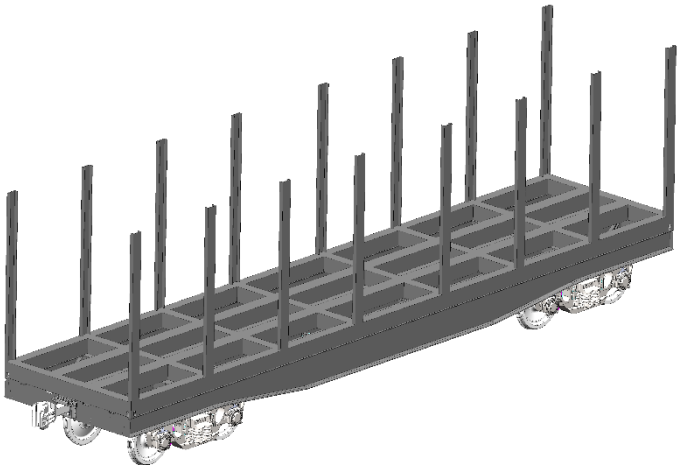


Рис.1. Зйомний модуль для перевезень довгомірних вантажів, розміщений на вагоні-платформі

Для визначення динамічного навантаження, яке діє на зйомний модуль, розміщений на вагоні-платформі проведено математичне моделювання. При цьому до уваги прийнято коливання підскакування як найбільш поширений тип коливань вагона у експлуатації. Враховано, що зйомний модуль розміщений на вагоні-платформі моделі 13-401. Жорсткість колії прийнята рівною 1000 кН/м, коефіцієнт в'язкого опору – 200 кН ·с/м, глибина нерівності – 0,01 м, а довжина – 3 м [3]. Встановлено, що максимальне прискорення, яке діє на вагон-платформу зі зйомним модулем складає 2,86 м/с^2. Важливо сказати, що отримане прискорення на 4,6% нижче за те, що діє на несучу конструкцію вагона-платформи, завантажену модулем без пружно-фрикційних зв'язків.

Отримана величина прискорення врахована при розрахунках на міцність зйомного модуля. При цьому використано метод скінчених елементів, який реалізовано в програмному комплексі SolidWorks Simulation. Максимальні напруження зафіксовані в зонах взаємодії балок бокових з фітингами і склали 184,2 МПа. Отримані напруження нижче за допустимі, які дорівнюють 210 МПа [4].

Також розрахунок проведений за умови розміщення зйомного модуля на вагоні-платформі при маневровому співударянні. При цьому максимальні напруження склали близько 192 МПа і не перевищують допустимі. Допустимі напруження прийняті рівними межі плинності матеріалу конструкції (сталь марки 09Г2С).

Подальшим розвитком даного дослідження є визначення навантаженості зйомного модуля з урахуванням власного ступеня вільності в повздовжній площині. Також потребує уваги питання експериментального визначення міцності зйомного модуля. Авторським колективом планується проведення експерименту методом подоби в лабораторних умовах.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проектування сучасних конструкцій транспортних засобів, зокрема зйомного типу, а також підвищенню ефективності залізничних перевезень.

1. Oleksij Fomin, Alyona Lovska. Justification of the Use of Square Pipes in the Frame of the Removable Roof of the Open Wagon. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. №4/7 (112). P. 18 – 25. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237157

2. Ловська А. О. Удосконалення заходів щодо надійності закріплення несучих конструкцій кузовів вагонів на залізничних поромах. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. 2016. Вип. 46 (1218). С. 39 – 43.

3. Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю. Основи динаміки вагонів: навч. посіб. Київ: КУЕТТ, 2003. 269 с.

4. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). ДСТУ 7598:2014. Київ, 2015. 250 с.

УДК 656.13

INTELLIGENT TRANSPORT TECHNOLOGIES AS A MEANS OF IMPROVING ROAD SAFETY

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Кашканова Анастасія, Кашканов Андрій, Біліченко Віктор

Вінницький національний технічний університет,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021

Тенденції щодо урбанізації населення України створюють величезні проблеми для транспортних систем міст в частині задоволення потреби місцевих громад у доступі та мобільності, забезпечення сталого, безпечного та здорового середовища [1]. В процесі розвитку міст намагаються збільшити пропускну спроможність дорожніх мереж, але це часто відбувається за рахунок безпеки вразливих учасників дорожнього руху. Як наслідок, багато людей гинуть і отримують невиправдані травми під час дорожньо-транспортних пригод, що накладає серйозні обмеження на сталий розвиток. Роль місцевої влади у зниженні смертності на дорогах є надзвичайно важливою. Неефективні процеси прийняття рішень, інші питання, такі як управління транспортними потоками, просторове та міське планування, економічні та фінансові проблеми часто заважають місцевій владі вживати заходів для підвищення безпеки дорожнього руху. Гарним інструментом подолання вищеозначених труднощів є інтелектуалізація управління дорогами у контексті цілей розвитку транспорту та управління безпекою у містах [2].

Методологія розвитку інтелектуальних транспортних систем (ІТС) базується на системному підході, який формує ІТС як систему з окремих сервісних модулів (рис. 1).

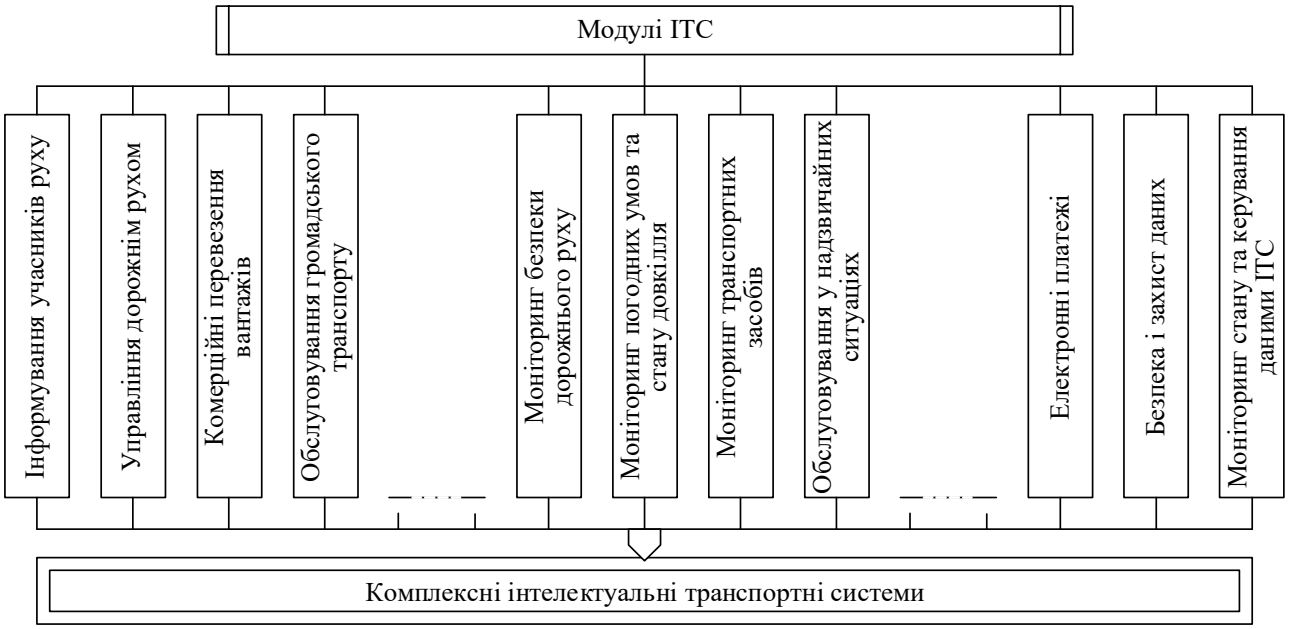


Рис.1. Сервісні модулі сучасних ІТС

Набір сервісних модулів ІТС може формувати блок сервісів, реалізованих для вирішення першорядної задачі або набору задач, зберігаючи при цьому можливість розвитку в

подальшому та перетворення в повнофункціональну комплексну інтелектуальну систему. Наприклад, для підвищення безпеки дорожнього руху важливо розвивати такі сервіси:

– автоматичний контроль дотримання правил дорожнього руху;

– попередження про затори та ремонтні роботи, рекомендації щодо шляхів об'їзду;

– оповіщення про погодні умови та стан покриття проїзної частини;

– системи розпізнавання дорожніх знаків, підтримки руху по смузі, автоматичного обмеження швидкості руху, адаптивного круїз-контролю, попередження про небезпечне зближення тощо;

– управління режимами руху за допомогою знаків змінного значення;

– моніторинг та управління перевезеннями небезпечних вантажів;

– моніторинг та управління рухом в тунелях, на мостових переправах та швидкісних магістралях.

В Україні в області ІТС найбільший розвиток отримали автоматизовані системи управління дорожнім рухом (АСУДР). Їх розвиток на принципах ІТС дозволяє перейти від управління окремими світлофорними об'єктами до управління рухом на автомобільних дорогах, зонах вулично-дорожньої мережі або в цілому рухом в місті. Для реалізації сервісів ІТС в цьому випадку створюються АСУДР автомагістраллю, зональні АСУДР або АСУДР міста. В останніх двох випадках найбільш ефективним є використання мережевих адаптивних методів управління дорожнім рухом [3-5].

Транспортна система міста є людино-машинною системою, яка повинна мати високий рівень надійності функціонування та безпеки руху [6, 7]. Множина основних факторів, які визначають безпеку функціонування транспортних систем міст, подана на рис. 2.

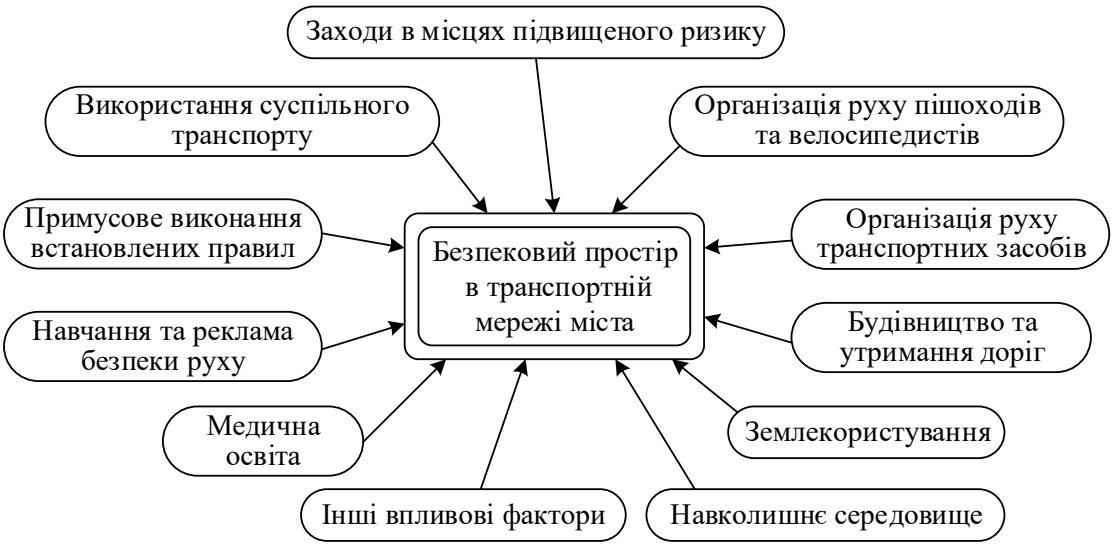


Рис.2. Фактори, які формують безпековий простір в транспортній мережі

Напрямки підвищення безпеки дорожнього руху в містах повинні включати:

– координацію політики безпеки дорожнього руху з іншими цілями планування розвитку міста;

– оцінювання проблеми та встановлення цілей щодо зменшення кількості жертв у дорожньо-транспортних пригодах (ДТП);

– створення безпечнішого дорожнього середовища;

– підвищення обізнаності громадськості та покращення освіти;

– дотримання правил дорожнього руху та заохочення безпечної поведінки учасників дорожнього руху;

– сприяння використанню більш надійних та безпечних транспортних засобів;

– удосконалення системи надання допомоги постраждалим у ДТП;

– надійне фінансування безпеки дорожнього руху;

– інтеграцію усіх перерахованих вище елементів в обрану стратегію безпеки дорожнього руху та її практичну реалізацію.

При цьому слід враховувати, що:

– у міських громадах зазвичай встановлюються численні цілі щодо сприяння місцевій діяльності та руху транспорту, які можуть мати конкуруючі інтереси, тому проблеми безпеки дорожнього руху не можна розглядати окремо;

– ДТП зазвичай розподілені по міській території нерівномірно, тому було б недоцільно розробляти контрзаходи лише для окремих місць виникнення аварійних ситуацій;

– заходи безпеки є ефективнішими, якщо вони є частиною комплексної програми безпеки, в рамках якої відбувається їх координація;

– безпека дорожнього руху може не бути головним пріоритетом для місцевих політиків або громадян, тому існує потреба вбудувати заходи безпеки в інші напрямки розвитку громади міста, оскільки інтегровані програми безпеки допомагають місцевій владі скласти повну картину існуючих проблем перед тим, як визначити пріоритети дій.

Таким чином, управління безпекою в містах повинно базуватись на принципах стратегії управління безпекою як такою, яка:

– формулює стратегію безпеки для міської території в цілому;

– інтегрує безпеку з іншими міськими стратегіями (наприклад, розвиток муніципального транспорту, планування землекористування, безпечніші маршрути до шкіл);

– враховує всі види учасників дорожнього руху;

– розглядає функції різних видів доріг;

– інтегрує існуючі заходи щодо зменшення травматизму під час функціонування вулично-дорожньої мережі;

– використовує можливості там, де можуть допомогти інші напрямки та стратегії підвищення безпеки (наприклад, підвищення безпеки в рамках проекту реконструкції міста);

– заохочує всі професійні групи допомагати досягати цілей безпеки;

– захищає від можливого несприятливого впливу на безпеку інших заходів, реалізованих в рамках розвитку міста;

– заохочує мешканців та всіх учасників дорожнього руху бути відповідальними;

– відстежує прогрес у досягненні цілей безпеки.

1. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.

2. Рудзінська О.В., Беззуб Я.В., Шумляківський В.П. Процеси розвитку автотранспортних технологій в інтелектуальних транспортних системах. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки.. 2016. № 2 (77). С. 230-237.

3. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.

4. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, А.О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В.В. Ауліна. – Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. – 428с.

5. Волков В. П., Грицук І. В., Грицук Ю. В., Волков Ю. В., Володарець М. В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 299 с.

6. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. Cybernetics and Systems Analysis. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. DOI: 10.1007/s10559-019-00206-8

7. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Харків: Майдан, 2018. 262 с.

УДК 656.183

ПЛАНУВАННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ВЕЛОСИПЕДНОГО РУХУ

THE PLANNING OF SAFE CYCLING INFRASTRUCTURE

Кравченко Олександр[1], Чуйко Сергій[2], Прохорчук Марина[2]

[1]Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005
[2]Відокремлений структурний підрозділ «Житомирський автомобільно- дорожній фаховий коледж Національного транспортного університету»,
вул. Велика Бердичівська, 2, м. Житомир, 10002

Along with road transport infrastructure, cycling infrastructure must ensure safety and comfort of use. The proper design involves considering the recommended safe speed for cycling. It is important to unify the regulations governing the planning and operation of cycling.

Всесвітня організація охорони здоров'я активно заохочує використання велосипедів для поїздок через численні переваги для здоров'я та навколишнього середовища, включаючи підвищення фізичної активності а також зменшення забруднення повітря та шуму.

Впродовж останніх декілька років у країнах Західної Європи в практиці інтегрування аспектів охорони навколишнього середовища і здоров'я в транспортній політиці відбулися суттєві зміни. Тенденції, що спостерігаються у сталому розвитку транспортного сектору вказують на необхідність пошуку інноваційних рішень і підходів, доступності, мобільності та дозволяють створити умови життя в містах більш привабливішими [1].

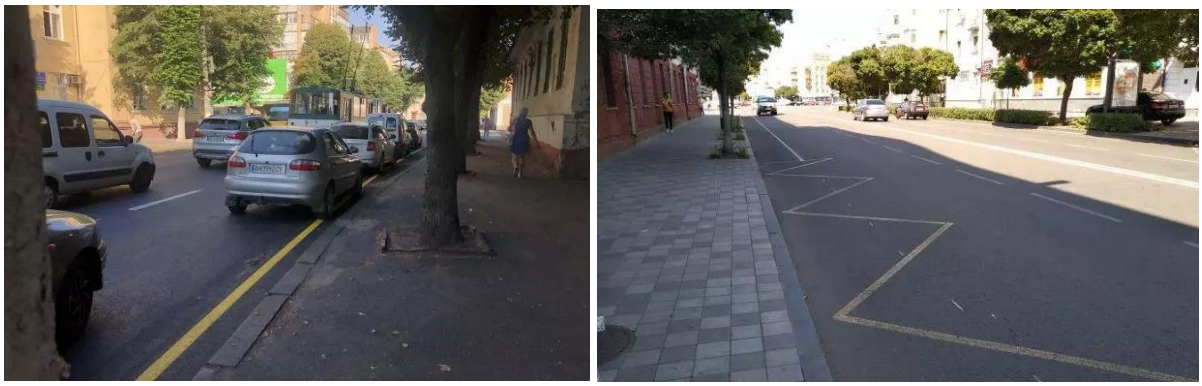
Транспортні проблеми у містах стають високо пріоритетними для міжнародної політики. Нова резолюція Генеральної Асамблеї ООН, ухвалена у 2022 році, «Інтеграція основного велосипедного транспорту в системи громадського транспорту для сталого розвитку» посилює ці принципи. За допомогою цієї резолюції уряди зобов'язуються популяризувати велосипед серед усіх членів суспільства, включаючи людей різного віку, як міських, так і сільських, а також розвивати культуру їзди на велосипеді в суспільстві [2].

В розподілі транспортних завдань основною метою має стати збільшення частки громадського транспорту та велосипедного руху. Проте збільшення частки переміщення велосипедів у повсякденних подорожах вимагає певної конкурентної переваги цього виду транспорту над іншими. Це пов'язано з необхідністю створення відповідної інфраструктури, яка б дозволила велосипедистам пересуватися ефективно, комфортно і, насамперед, безпечно.

В напрямках роботи над положеннями про проєктування інфраструктури для велосипедного руху важливими є питання, які не були враховані в законодавстві або висвітлені неоднозначно. Ці питання включають проєктну швидкість на велосипедних маршрутах, розширення велосипедних доріжок на поворотах, ширину велодоріжок, а також видимість на велосипедних переходах. Всі ці проблеми безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху, а опосередковано – на комфорт і зручність водіння.

Відомо, що велосипедисти особливо вразливі на дорозі, частково через відсутність фізичного захисту, уявлення водіїв про права велосипедистів та відсутність інфраструктури забезпечення оптимізації їх безпеки.

Проведений аналіз реального стану впровадження велосипедного руху у м. Житомир показав безліч недоліків. Приклади наведені на рисунку 1, де виділена велосипедна смуга руху не в змозі забезпечити безпечне пересування.



а б

Рис. 1. Вид на велосипедну доріжку на вулицях: а – порушення водіями легкових автомобілів Правил дорожнього руху в частині стоянки транспортних засобів; б – нанесена розмітка для руху велосипедів направлена на зупинку громадського транспорту

Створюючи нормативні акти, варто використовувати передовий досвід країн Європи. Комплексно питання планування та проєктування інфраструктури велосипедного руху розглядаються, наприклад, у США, Нідерландах, Великій Британії, Канаді та Бельгії. Нормативні документи цих країн містять як правила проєктування, так і схеми рекомендованих типових рішень. Як приклад, в таблиці 1 наведені розрахункові значення швидкості руху для проєктування, прийняті в передових країнах [3].

Таблиця 1

Розрахункові швидкості в нормативах щодо велосипедного руху

Країна	Швидкість велосипеда V, км/год		
	Низька	Основна	Висока
США	> 12	30	< 48
Нідерланди	> 12	25	30 (40 поза міськими районами)
Великобританія	> 12	20	-
Бельгія	-	20	30
Німеччина	-	20	30

Швидкість, якої досягають велосипедисти, залежить від чотирьох основних факторів: типу користувача/екіпірування, характеру подорожі, топографії та типу дорожнього покриття. Найбільших швидкостей можна досягти на покриттях з низьким опором коченню, як правило, це асфальтобетон, та на ділянках з великим поздовжнім ухилом. В названих умовах велосипедисти перевищують швидкість 50 км/год [4].

Зазвичай в проєктуванні розрізняють три швидкості: мінімальну (низьку), базову (або стандартну) і високу (вище стандартної). Мінімальна швидкість коливається від 12 км/год до 20 км/год. Більшість велосипедних маршрутів передбачає проєктну швидкість 20-30 км/год. Вищі швидкості застосовуються для маршрутів вищої якості або розташованих поза населеними пунктами (міськими) районами.

Варіанти швидкості, які необхідно спроєктувати, повинні бути пов’язані з функціями велосипедних маршрутів та їх роллю в ієрархічній мережі доріг. Прийнята швидкість для проєктування повинна визначати граничні параметри окремих елементів інфраструктури (особливо в плані та профілі), пов’язані з безпекою велосипедного руху (наприклад, пов’язані з зупинним шляхом, полями видимості, видимістю на поворотах).

Ширина одиночного велосипедиста в русі становить більше, ніж максимальна ширина велосипеда, визначена в правилах, яка становить 0,9 м. Однак слід підкреслити, що з метою безпеки та комфорту водіння передбачувана ширина поверхні, яку займає велосипедист,

повинна бути навіть більшою за 1,0 м. Таким чином, навіть якщо запас безпечності не введено, відстань між велосипедистами, що проїжджають і ширина двосторонньої велосипедної доріжки не повинна бути менше 2,0 м.

У плані має бути врахований нахил на поворотах велодоріжок, який обмежений педальним механізмом велосипеда. Педалі унеможливлюють нахил велосипеда на кут більше 15-20°. Кут нахилу Θ велосипеда при заданій швидкості та заданому радіусі повороту можна розрахувати за підходом [3]:

$$\Theta = \text{ctg}\,\frac{0{,}0079V_w}{R}\,, \qquad (1)$$

де *Vw* – розрахункова швидкість для велосипедів, км/год;
R – радіус кривої в плані, м.

Найбільші значення розширень слід заносити на кривих з найменшими допустимими радіусами. Недоцільно використовувати розширення на ділянках траси з розрахунковою швидкістю 12 км/год, оскільки ці ділянки, як правило, унікальні - наприклад, вони розташовані поблизу перехресть з просторовими обмеженнями. У таких випадках слід припускати, що низька швидкість велосипедистів дає їм змогу краще сприймати навколишній простір чим дозволяє уникнути можливих аварій. Розширення на дузі Y можна розрахувати за підходом [3]:

$$Y = h\sin\left(\text{ctg}\,\frac{0{,}0079V^2}{R}\right) - \alpha + \alpha\cos\left(\text{ctg}\,\frac{0{,}0079V^2}{R}\right), \qquad (2)$$

де V – розрахункова швидкість для велосипедів, км/год;
R – радіус дуги в плані, м;
α – половина ширини простору, який займає велосипедист під час руху, м;
h – висота велосипедної рами, м.

Таким чином, аналіз міжнародного досвіду показав, що розвиток велосипедного руху вимагає інвестицій не лише в транспортну інфраструктуру чи нові маршрути, а й у розширення та реорганізацію існуючих доріг і вулиць. Необхідно усунути недоліки, що виникли внаслідок багаторічного нехтування, як щодо цілісної мережі велосипедних маршрутів, так і щодо якості використаних технічних рішень.

Дуже важливим є впорядкувати та уніфікувати нормативно-правові акти, що регулюють проєктування інфраструктури (в тому числі інфраструктури для велосипедного руху) та доповнити їх питаннями планування та експлуатації.

1. Pan-European Programme on Transport, Environment and Health. Assessment of the progress achieved. - ECE/AC.21/1., - Zheneva, OON, 2008. – 28 s.

2. United Nations: https://digitallibrary.un.org/record/3956443.

3. Brzeziński, Andrzej; Jesionkiewicz-Niedzińska, Karolina. Selected issues of designing cycling infrastructure in the aspect of road traffic safety. Roads and Bridges - Drogi i Mosty, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 75-89, mar. 2021. ISSN 2449-769X. Available at: doi:http://dx.doi.org/10.7409/rabdim.021.005.

4. Aldred R, Goodman A. Predictors of the frequency and subjective experience of cycling near-misses: Findings from the first two years of the UK Near Miss Project. Accident Analysis & Prevention. 2018;110: 161–170.

УДК 629.4.077:629.4.027.51

ANALYSIS OF THE CAUSES OF DAMAGE TO BOGIE WHEELS OF FREIGHT WAGONS EQUIPPED WITH COMPOSITE BRAKE SHOES

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КОЛІС ВАНТАЖНИХ ВІЗКІВ, ОБЛАДНАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ГАЛЬМОВИМИ КОЛОДКАМИ

Ловська Альона, Равлюк Василь, Рибін Андрій

Український державний університет залізничного транспорту
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Потреба в зниженні експлуатаційних витрат в умовах конкуренції на ринку транспортних послуг висуває вимоги до організації системи технічного обслуговування та ремонту вантажного рухомого складу, виходячи з фактичного стану його працюючих вузлів [1, 2]. Тому для оцінки технічного стану вузлів рухомого складу потрібен постійний моніторинг, особливо за тими, які є відповідальними за безпеку руху поїздів. Одним з таких вузлів вантажних вагонів є триботехнічна пара «гальмова колодка – колесо».

Зниження зносу в системі «гальмова колодка – колесо» значно зменшує експлуатаційні витрати і є одним з пріоритетних напрямків підвищення ефективності роботи залізничного транспорту, в тому числі забезпечення екологічності перевезень, а також безпеки руху поїздів. Таким чином, проблема взаємодії в системі «гальмова колодка – колесо» є на даний час актуальною та важливою.

Слід зазначити, що зараз у вантажних вагонах застосовуються гальмові колодки з полімерних композитів, які на відміну від чавунних мають значну економічну ефективність. Необхідно звернути увагу і на те що, під час застосування чавунних колодок на нагрівання колеса приходиться близько 70 % потужності гальмування, а за використання композиційних – 95÷98 % [3, 4]. Проте, незважаючи на меншу вартість виготовлення, чавунні колодки мають ряд суттєвих недоліків. Наприклад, незначний ресурс, який становить 30-50 тис. км. Так само для поїздів, які рухаються до швидкості 120 км/год суттєво знижується коефіцієнт тертя, що негативно впливає на гальмову ефективність поїздів [5, 6]. Тому застосування композиційних гальмових колодок, які є більш довговічними (до 160 тис. км) і мають майже сталий коефіцієнт тертя у великому діапазоні швидкостей є більш пріоритетним. Також в результаті застосування композиційних гальмових колодок відбувається збільшення швидкостей руху поїздів до 140-160 км/год, що призводить до більш ніж двократного збільшення потужності гальмування поїздів з-за умов нормальної роботи елементів гальмової важільної передачі.

Важливо сказати, що під час застосування композиційних гальмових колодок значно зростає кількість відмов коліс у процесі експлуатації вантажних вагонів. Основною причиною виникнення таких відмов є те, що композиційні гальмові колодки мають низьку теплопровідність, а це спричиняє різні поверхневі пошкодження поверхонь кочення коліс (вищербини різного виду, навари), які мають термомеханічний характер походжень. Так само ще однією негативною особливістю цих колодок є те, що під дією високих температур вони здатні вкраплювати метал колеса у робочу поверхню (тіло) композиційної колодки.

Для аналізу несправностей та дефектів коліс вагонів, які виникають тільки в результаті фрикційної взаємодії коліс з гальмовими колодками, виконувалися виробничі дослідження на базі вагоноремонтних підприємств, що спеціалізуються на ремонті вантажних вагонів. У результаті досліджень було обстежено 12072 коліс вантажних вагонів. Для виявлення відповідних несправностей та дефектів коліс вантажних вагонів опрацьовувалися форми ВУ-53.

Встановлено, що найбільший відсоток дефектів поверхонь кочення коліс припадає на вищербини. Причому останніми роками ця величина лише збільшувалася (з 35,7 до 40,2%).

Наступну позицію займає такий вид несправності, як тонкий гребінь, який за період, що досліджувався майже знаходився в однаковому діапазоні (з 28,3 до 24,7 %). Так само на "передові" місця увійшли дефекти, які виникають від фрикційної взаємодії колодок з колесами – повзуни, навари. Ці дефекти також знаходилися в майже незмінному діапазоні (з 18,6 до 19,7%).

Необхідно сказати, що вагомим чинником під час вибору марки сталі для виготовлення колеса, може виникнути небезпека появи термічних пошкоджень внаслідок дії композиційних гальмових колодок на поверхню кочення або ковзання колеса по колії. Під час гальмування вантажного рухомого складу, що в основному багаторазово повторюється й відносно за великих швидкостей руху варто враховувати, що сталі з високим вмістом вуглецю більш схильні до утворення термічних тріщин, ніж сталі з меншим вмістом вуглецю. Однак слід зазначити, що сталі з більш високим вмістом вуглецю мають більш високу міцність і зносостійкість.

З метою визначення температурного впливу від композиційної гальмової колодки на колесо проведено визначення його термонапруженого стану.

Для цього побудовано просторову модель колеса. Графічні роботи здійснено в програмному комплексі SolidWorks. Розрахунок реалізовано за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation. В якості розрахункового застосовано критерій Мізеса. Результати розрахунку показали, що максимальні напруження при температурному впливі у 400°С зафіксовані на поверхні кочення колеса і склали 701,9 МПа, що нижче за допустимі. Допустимі напруження при цьому прийняті рівними 800 МПа. Отже міцність колеса забезпечується [7].

Разом з цим на практиці величина температурного навантаження може перевищувати 400°С, що обумовлено багатьма факторами, наприклад, технічним станом колодки або колеса, справністю повітророзподільника, завантаженістю вагона тощо. Для визначення допустимої температури з точки зору забезпечення міцності колеса проведено варіаційні розрахунки. При цьому мініcть колеса дотримується при температурному впливі до 452°С.
Отже для забезпечення міцності колеса важливим є дотримання температурних режимів його навантаження у експлуатації.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо керування температурним впливом на колесо, а також підвищенню безпеки руху поїздів і суттєвому зменшенню експлуатаційних витрат.

1. Fomin Oleksij, Lovska Alyona. Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 2/7 (110). P. 6 – 15. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534

2. Fomin O., Lovska A., Skok P., Rogovskii I. Determination of the dynamic load of the carrying structure of the hopper wagon with the actual dimensions of structural elements. Technology audit and production reserves. 2021. № 1/1(57). P. 6 – 11.

3. Михайлов Е.В., Слащев В.А., Семенов С.А. Пути снижения износа гребней колес рельсовых экипажей. Вестник Восточноукраинского национального университета имени В. Даля. 2012. №5. С. 61– 67.

4. Павлюков А. Э., Черепов О. В., Шалупина П. И. Тормозные колодки грузовых вагонов: анализ повреждаемости и факторов, влияющих на создание тормозной силы. Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2017. № 4 (36). С. 4–11.

5. Асадченко В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. Москва: Маршрут, 2006. 392 с.

6. Колісні пари вантажних вагонів. Правила технічного обслуговування, ремонту та формування: СТП 04-001:2015: Затв. нак. Укрзалізниці №359 –Ц 25.04.15. Київ : 2015. 138 с.

7. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). ДСТУ 7598:2014. Київ, 2015. 250 с.

УДК 656.02

TRAFFIC MANAGEMENT ON THE BASIS ON ESTIMATION OF TRANSPORT DEMAND TO THE CENTERS OF MASS GRAVITY BY THE PARAMETERS OF THEIR LOCATION ON URBANIZED TERRITORIES

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ ДО ЦЕНТРІВ МАСОВОГО ТЯЖІННЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ЇХ РОЗМІЩЕННЯ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Пашкевич С.М., Никончук В.М

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Keywords: transport demand; traffic management; transport demand; traffic management; capital construction objects; load factor road network; level of service.

Закон України «Про організацію дорожнього руху та про внесення змін до окремих законодавчих актів України» показує про необхідність введення багатьох нововведень і, перш за все, нововведень, пов'язаних з оцінкою ступеня впливу об'єктів капітального будівництва (ОКБ) на прилеглу вулично-дорожню мережу (ВДМ) у зв'язку з будівництвом нових, реконструкцією чи перепрофілюванням існуючих ОКБ. Насамперед, інтерес становлять положення про:

– необхідність розробки проектів організації руху (ПОР) при будівництві або реконструкції об'єктів капітального будівництва (ОКБ) щодо мережі доріг та (або) їх ділянок, прилеглих до зазначених ОКБ;

– необхідності підготовки матеріалів інженерних пошуків, результатів дослідження існуючих та прогнозованих параметрів дорожнього руху, статистичної інформації;

– вимоги щодо забезпечення ефективності ОДР, які мають бути враховані при розміщенні ОКБ відповідно до законодавства про містобудівну діяльність. Розміщення ОКБ з порушенням вимог щодо забезпечення ефективності ОДР не допускається;

– необхідності розрахунку місткості (кількість машино-місць) паркувань загального користування визначаються відповідно до нормативів містобудівного проектування;

- необхідності розробки ПОР при організації в'їзду ТЗ на паркування загального користування та виїзду з неї, русі ТЗ на паркуванні загального користування.

Проте нині немає методик (рекомендацій), які дозволяють оцінити ступінь впливу ОКБ на прилеглу ВДМ, особливо якщо йдеться про прогнозуванні нових ОКБ. Крім того, ситуація ускладнюється досить широкою різноманітністю ОКБ, які в контексті дослідження можна назвати центрами масового тяжіння (ЦМТ), що мають досить специфічні режими функціонування, розподіл частки відвідувачів на індивідуальному транспорті (ІТ), середню наповнюваність ІТ, а також параметри позиціонування у плані міста (урбанізованих територій).

Організація транспортного обслуговування ЦМТ у т. ч. виконання ПОР для такого широкого спектру ЦМТ, вимагає розробку методології організації дорожнього руху (ОДР), що дозволяє об'єднати приватні методики: оцінки транспортного попиту до ЦМТ різної соціально-технічної спрямованості; ОДР різних видів перетинів; проведення натурних експериментів, вкладених у виявлення основних параметрів функціонування ЦМТ, оцінки необхідного числа місць для паркування з урахуванням її середньої тривалості.

Для оцінки якості транспортного обслуговування ЦМТ необхідні критерії якості ОДР. Рівень обслуговування руху – поняття, що закріпилися у вітчизняних нормативних

документах нещодавно. Поняття, що розглядається, є похідною основних характеристик функціонування елементів ВДМ і, насамперед, перетинів. До таких характеристик відносять коефіцієнт завантаження z=N/P, де *N* – інтенсивність руху, авт./год, *P* – фактична (практична) пропускна спроможність, авт./год. Для оцінки рівня обслуговування на ВДМ та її елементах, фахівцям у галузі ОДР, транспортним інженерам цілком достатньо перерахованих характеристик, проте, у випадках з прийняттям рішень на політичному, адміністративному та рівнях бізнес-спільнот, необхідна простіша інтерпретація рівня обслуговування, що зводиться до деякої шкали з коротким описом процесу руху (рівня обслуговування руху (LOS) [3].

Для розрахунку коефіцієнта завантаження перетину (групи руху) необхідна наявність інтенсивності транспортних і пішохідних потоків на перетинанні. Інтенсивність транспортних потоків, спрямованих на територію ЦМТ і від нього визначається транспортним попитом, часткою відвідувачів, які використовують ІТ, а також середнім наповненням ІТ. Інтенсивність транзитного потоку транспортних засобів, що рухаються через перетин, ЦМТ, визначається технічною категорією дороги (вулиці) і може бути отримана на основі даних дорожніх детекторів , матеріалів транспортних обстежень або за допомогою моделювання з цифрової транспортної моделі територіального планування.

Транспортний попит, виражений інтенсивністю транспортного потоку відвідувачів ЦМТ на ІТ можна представити виразом [2]:

$$N_{IT} = E_{ЦМТ} \cdot \frac{d_{IT}}{P_{IT}} \cdot k_{сн}, \quad (1)$$

де d_{IT} - частка відвідувачів на ІТ у розглянуту годину; P_{IT} - середнє наповнення ІТ, чол.; $k_{сн}$ - коефіцієнт добової нерівномірності для години, що розглядається.

Слід відзначити, що перший співмножник уособлює транспортний попит, виражений числом кореспонденцій протягом доби, другий співмножник, представлений ставленням частки ІТ до середнього наповнення ІТ, що показує інтенсивність ІТ протягом доби і третій співмножник $k_{сн}$ показує інтенсивність ІТ за годину, як правило, піковий. Причому, $k_{сн}$ відрізняється по прибутті та відправленні, що й відрізняє інтенсивність транспортних потоків до ЦМТ та від нього.

Враховуючи, що перетини, як правило, не регульовані і найчастіше, мають вигляд Т-подібних, то пропускна здатність другорядного підходу може бути визначена за наступним виразом [1, 2, 3]:

$$G_i = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600}} \left(t_g - \frac{t_f}{2}\right), \quad (2)$$

де G_i – базова пропускна здатність другорядного потоку і (враховує вплив потоків, що рухаються в головному напрямку прямо або праворуч (перший ранг)), авт/год; q_p – інтенсивність пріоритетного напряму першого рангу, конфліктуючого з аналізованим, авт./год; t_g - середній граничний інтервал, с; t_f - середній інтервал прямування, с. Враховуючи наявність конфліктуючих потоків з головного напрямку ліворуч (другий ранг), а також, у разі, Х – образного перетину з другорядного напряму прямо (третій ранг), то пропускна здатність потоку з другорядного напрямку ліворуч становитиме:

$$c_{03} = \prod_{i=1}^{n} \left(1 - \frac{N_{02i}}{c_{02i}}\right) \cdot G_{03}, \quad (3)$$

де *p* – ймовірність безперешкодного руху потоків 2-го рангу, що конфліктують з аналізованим; N_{02i} – інтенсивність руху потоку 2-го рангу, конфліктуючих з аналізованим, од./год. Аналогічним чином визначається пропускна спроможність потоків четвертого рангу (з

другорядного напрями ліворуч, у разі Х – образного перетину). $c_{04} = \prod_{i=1}^{n}\left(1 - \frac{N_{02i}}{c_{02i}}\right) \cdot \prod_{i=1}^{n}\left(1 - \frac{N_{03i}}{c_{03i}}\right) \cdot G_{04}$. Враховуючи, що всі три напрями можуть здійснювати рух у загальній (змішаній) смузі, тобто, з однієї фізичної смуги руху, то пропускна спроможність такої смуги:

$$c = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\frac{a_i}{c_i}}, \tag{4}$$

де c – пропускна спроможність змішаної смуги, од./год; a_i - частка i-го потоку в сумі всіх n потоків на смузі, що розглядається; c_i – пропускна спроможність i-го напряму, од./год. Таким чином, зважаючи на залежність 1, а також залежність 3 і 4 коефіцієнт завантаження після всіх математичних перетворень можна представити наступною залежністю:

$$z = \sum_{i}^{n}\frac{E_{ЦМТ}\cdot\frac{d_{IT}}{P_{IT}} + k_{сн}^{уб}\cdot k_d}{\left(\frac{3600}{t_f}e^{-\frac{q_p}{3600}\left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)}\right)\cdot\left(\prod_{j=1}^{m}\left(1-\frac{N_{02i}}{c_{02i}}\right)\right)\cdot\left(\prod_{j=1}^{m}\left(1-\frac{N_{03i}}{c_{03i}}\right)\right)}, \tag{5}$$

де k_d – коефіцієнт, що враховує, частку транспортного потоку, що розподіляється між перетинами, що розглядається ЦМТ (при одному перетині k_d = 1); $k_{сн}^{уб}$- коефіцієнт добової нерівномірності по вибуття; n – число транспортних потоків групи руху; c_{02j} і c_{03j} –пропускна спроможність транспортного потоку другого і третього рангів відповідно, конфліктуючих з аналізованим напрямом руху, авт./год (за відсутності виключається); m – число транспортних потоків другого та третього рангів, відповідно, конфліктуючих з аналізованим напрямом руху (приклад конфліктної ситуації наведено на рис. 1.

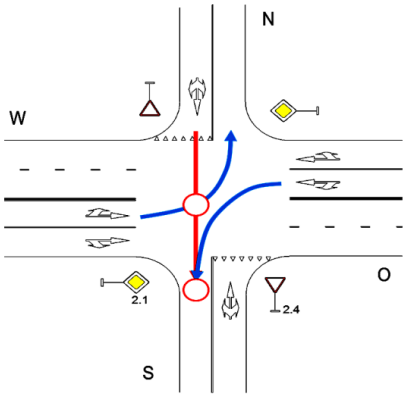


Рис. 1. Конфліктні точки потоку третього рангу NS з потоками другого рангу OS та WN

Отриманий коефіцієнт завантаження можна легко інтерпретувати через рівень обслуговування руху, наведений у відповідній нормативній літературі [1] Однак, слід розуміти, що в залежності від інтенсивності транспортних потоків конфліктуючих напрямків буде істотно варіюватися рівень обслуговування руху. Крім цього, важливо враховувати, що на транспортний попит у тому числі впливає параметри розташування ЦМТ у плані урбанізованих територій. Математична модель загального виду оцінки добового обсягу відвідувачів до ЦМТ (транспортного попиту) можна представити у вигляді

$$E_{ЦМТ} = a_0 + a_1 S_i + a_2 l_c + a_3 l_м\ , \tag{6}$$

де a_0, a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти пропорційності, кор./доб., кор./доб. м^2, кор./добу. м, кор./доб. м відповідно; S_i - площа ЦМТ, м^2; l_c - відстань від центру міста, м; $l_м$ – віддаленість від магістральної вулиці, м.

Таким чином, враховуючи вираз 6, можливо оцінити вплив ЦМТ на прилеглу ВДМ з урахуванням варіації розташування в плані міста (віддаленості від магістральної вулиці та (або) від центру міста), а також з урахуванням його площі (рис. 2).

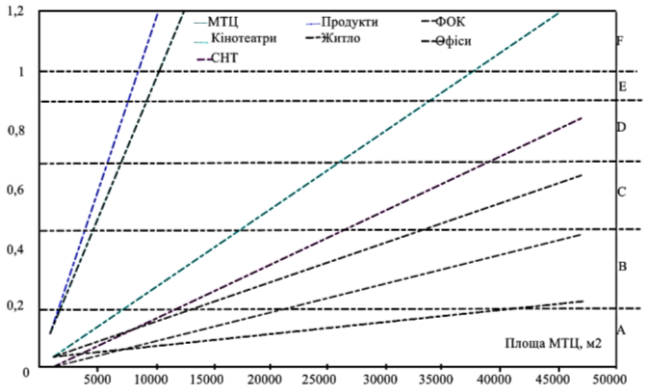


Рис. 2. Залежність рівня обслуговування руху на Т-подібному перетині від площі МТ за усередненими параметрами ОДР та оцінкою транспортного попиту

Пропонований інструментарій потребує дослідження основних параметрів функціонування (ОКБ) ЦМТ та створення відповідного національного довідника. Частина цих досліджень проведена [2, 3], у тому числі для міст з чисельністю населення від 250 до 1000 тис. жителів, зазначені довідкові дані опубліковані в інших роботах автора.

1. Greenshields B.D., Shapiro D., Ericksen E.L. Traffic Performance at Urban Street Intersections. Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic, 1947.

2. Raff M.S., Hart J.W. A volume Warrant For Urban Stop Signs. Eno Foundation for Highway.

3. Zedgenizov, A. Location-based transport demand forecasting methods for suburbanized areas. Proceedings of the international conference: aviamechanical engineering and transport (avent 2018) AER-Advances in Engineering Research volume 158, 2018, p. 458-461.

УДК 656.13

DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL MOBILITY OF THE POPULATION AS AN ELEMENT OF ENSURING EFFICIENT CITY TRANSPORT PLANNING

РОЗВИТОК ІНДИВІДУАЛЬНОЇ МОБІЛЬНОСТІ НАСЕЛЕННЯ, ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНУВАННЯ МІСТА

Птиця Геннадій, Явтушенко Дмитро

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002

Abstract. Ukraine is one of the countries in Europe with the worst road safety performance. In addition, according to the World Bank, the losses of the Ukrainian economy as a result of road accidents reach 4% of the country's GDP. All this indicates a low level of reliability of road transport and the entire road traffic system. In this situation, Ukraine should intensify its work to improve road safety in order to support the global trend of zero-mortality programs on the roads. A global approach should be based on the establishment and improvement of the road safety management system..

Мінімальні викиди від транспорту – основна амбітна мета України та всієї Європи. На сьогоднішній день світовий інтерес щодо активної мобільності (рух пішки, на велосипеді, самокаті, електропристроях індивідуального пересування) стрімко зростає. Такі прагнення абсолютно обґрунтовані, адже активна індивідуальна мобільність – екологічний, комфортний, корисний для здоров'я вид пересування, який має певні переваги перед рештою способів.

Внаслідок зміни транспортної політики виникли міста з розвиненою велоінфраструктурою. При цьому сформована база технічних рішень з розвитку відповідної інфраструктури та відображається в методичних довідниках: довідник європейської програми з розвитку велосипедної інфраструктури PRESTO (Dirk Dufour) [1], довідник американської транспортної асоціації NACTO [2]. В Україні останнє десятиліття також приділяється особливу увагу вивченню ролі суспільних просторів та гуманізації міського середовища, в якій важлива роль відведена велосипедному руху.

В Україні велосипед використовується багатьма людьми, але інфраструктура майже відсутня, що створює труднощі для багатьох велосипедистів у використанні велосипеда як основного виду транспорту. Забезпеченню ефективного розвитку транспортної системи з врахуванням потреб всіх учасників руху буде сприяти зокрема Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р. Фундаментальним положенням цієї Програми є забезпечення дотримання пріоритетності інтересів учасників дорожнього руху відповідно до підходів сталої міської мобільності, а саме врахування їх інтересів у такій послідовності: пішоходи (насамперед маломобільні групи населення), велосипедисти та інші незахищені учасники дорожнього руху, громадський транспорт та транспорт екстрених і комунальних служб, вантажний автотранспорт, легковий автотранспорт приватних осіб та організацій [3]. В Національній транспортній стратегії України до 2030 року встановлено завдання, які стосуються розвитку велосипедного руху, а саме: забезпечення інституціональної підтримки розвитку велосипедного руху, прийняття відповідних нормативно-правових актів щодо його участі у дорожньому русі; розроблення стратегії розвитку велосипедного руху, посилення велосипедної безпеки, яка б ґрунтувалася на прогресивному іноземному досвіду, та забезпечення розвитку інфраструктури для велосипедного руху; будівництво в містах та інших населених пунктах, на дорогах

позаміських та відокремлених велосипедних доріжок, популяризація використання велосипедистами світлоповертальних елементів, забезпечення розвитку велосипедної інфраструктури [4].

В останні роки в Україні з'явилися нові види транспорту для персонального користування, які не належать до жодних інших груп і розвиток яких не підпорядковується жодній структурі, а саме: самокати, електросамокати, сегвеї, гіроборди, самобалансуючі одноколісні пристрої (моноколеса), гіроскутери, електроскейти, гіроролики тощо. Кількість поїздок, що здійснюються новими транспортними засобами, збільшується щоденно. Це теж підсилює необхідність розробки підходів щодо ефективної організації руху на вулично-дорожній мережі в містах з урахуванням всіх учасників руху. Тож вплив параметрів інфраструктури активної індивідуальної мобільності на транспортне планування міста та планування елементів вулично-дорожньої мережі міста, а також на параметри дорожнього руху є актуальною та людиноцентричною науково-технічною задачею.

При проведенні досліджень з оцінки ефективності заходів щодо розвитку активної мобільності слід чітко визначити суб'єкти таких досліджень, тобто хто несе витрати, а хто отримує корисний результат. Для оцінки суспільної ефективності не варто орієнтуватися на пропускну здатність вулиці у боротьбі із заторами. Звертаючи увагу лише на неї, не можливо створити ефективної транспортної системи. Замість пропускної здатності треба фокусуватися на провізній здатності – кількість людей (а не транспортних засобів), яку здатна задовольнити дорога (вулиця). Це більш логічний показник, адже кількість транспортних засобів не має значення, тому що у транспорті їдуть люди і треба орієнтуватися саме на них.

Якщо ключовою визначити провізну здатність, виявляється, що ефективні не особисті автомобілі, а громадський транспорт та засоби активної індивідуальної мобільності (велосипед, електросамокат тощо). Один автомобіль перевозить у середньому 1,4 особи, коли автобус везе сотню, займаючи місце пари автомобілів [5]. Слід відмітити, що організація та розвиток активної індивідуальної мобільності сприяє зниженню забруднення атмосфери відпрацьованими газами двигунів, зменшенню транспортного шуму. Водночас, велосипедний транспорт порівняно з особистими автомобілями забезпечує релевантні показники пропускної здатності [6, 7]. Відповідно до наведеного можна стверджувати, що саме розвиток громадського транспорту та активної індивідуальної мобільності знижує затори, а не розширення доріг та збільшення пропускної здатності.

В якості ж критерію оцінки ефективності функціонування не тільки засобами активної індивідуальної мобільності, а й усієї транспортної системи, доцільно застосовувати комплексний показник, який на відміну від існуючих, враховує показники рівня якості руху засобами активної індивідуальної мобільності та провізну здатність замість пропускної, як характеристику ділянки вулично-дорожньої мережі.

На основі застосування спеціалізованого програмного забезпечення STREETMIX проведено моделювання технічних рішень розвитку інфраструктури активної індивідуальної мобільності на ділянці магістральної вулиці в м. Харків. Промодельовано декілька альтернативних можливих рішення зміни поперечного профілю вулиці з урахуванням шляхів сполучення активної індивідуальної мобільності. Тип велосипедної інфраструктури, технічні параметри кожної велосипедної доріжки (ширина, покриття, колір, розмітка) повинні визначатись індивідуально для кожної вулиці, враховуючи місцеві умови та вимоги державних стандартів [8] і може бути реалізованим як: велосипедні смуги; велодоріжка з одностороннім рухом; велодоріжка з двостороннім рухом; велопішохідна доріжка із одностороннім рухом; велопішохідна доріжка із двостороннім рухом.

Відповідно до даних пасажиромісткості різних видів транспорту [7] та застосування запропонованого варіанту формування поперечного профілю магістральної вулиці, що обрана для дослідження, отримуємо підвищення провізної здатності в порівнянні з базовим (існуючим) варіантом до 81000 пасажирів за годину. Такі ж показники мають декілька

можливих рішень, зокрема і велосмуга, облаштована на проїзній частині (відокремлена делиніатором або розміткою) (рис. 1).

Рисунок 1 – Поперечний профіль магістральної вулиці з відокремленою делініаторами велосмугою

Це є перспективний напрям розвитку, особливо в умовах обмежених бюджетів та для швидкого впровадження відповідних шляхів сполучення на час реалізації більш масштабних проектів.

Рішення про вибір принципових дій повинно ґрунтуватися на характеристиках транспортного потоку як джерела небезпеки – інтенсивності і швидкості транспортного потоку, а також фінансових можливостей реалізації проекту. З огляду на виділені критерії вибору варіанту розвитку велошляхів на вул. Шевченка, та відповідного часу на реалізацію, пропонуємо застосувати варіант з делініаторами в короткочасному плануванні, та варіант з відокремленими велодоріжками в довгостроковому плануванні. На основі середньостатистичних даних пасажиромісткості різних видів транспорту та відповідно до застосування запропонованого варіанту формування поперечного профілю вулиці Шевченка, отримуємо підвищення провізної здатності до 81000 пасажирів за годину.

Отримане підвищення потенційної провізної здатності вулиці на 24000 пасажирів за годину та одночасне зменшення інтенсивності руху автотранспортних засобів дозволяє стверджувати про ефективність запропонованих варіантів розвитку інфраструктури активної індивідуальної мобільності, зокрема конкретних шляхів сполучення на магістральних вулицях м. Харків. Очікуваним результатом розвитку магістрального сполучення шляхів сполучення для активної індивідуальної мобільності населення є зміни мотивації їх транспортної поведінки на користь використання велосипедного руху замість особистого або громадського транспорту.

1. Дюфур Д. Велосипедна інфраструктура. Зага-льний посібник / Dirk Dufour; пров. з англ. А. Панкова. – PRESTO, 2010. 61 с.

2. Urban Bikeway Design Guide. National Assoc-?ation of City Transportation Officials, 2011. 302 p.

3. Стратегія підвищення рівня безпеки дорожньо-го руху в Україні на період до 2024 року. За-тверджено розпорядженням Кабінету Міністр-рів України від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р.

4. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text

5. U-Cycle (ГО «Асоціація велосипедистів Киє-ва»). [Електронний ресурс]. URL: https://u-cycle.org.ua/articles/pidrakhunok-osin-2020/

6. Botma, H. Papendrecht, H. Traffic Operation of Bicycle Traffic. Transportation Research Record. №1320. 1991. P. 65-72.

7. Passenger capacity of different transport modes. [Електронний ресурс]. URL: https://www.transformative-mobility.org/publications/passenger-capacity-of-different-transport-modes

8. Планування та проектування велосипедної інфраструктури. Загальні вимоги. ДСТУ 8906:2019. – К.: УкрНДНЦ, 2019. 86 с. – (На-ціональний стандарт України).

УДК 656.13

PUBLIC TRANSPORT AND ITS SAFETY

ГРОМАДСЬКИЙ ТРАНСПОРТ ТА ЙОГО БЕЗПЕЧНІСТЬ

Хітров Ігор, Левкович Андрій

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Безпека пасажира є першочерговим завданням перевізника. Щодня вживаються конкретні заходи для забезпечення безпеки пасажирів, незалежно від типу автобусного транспорту, якими користуємось.

Усі транспортні засоби (надалі, ТЗ) повинні проходити регулярний щорічний технічний огляд. Перевізники зобов'язані і повинні дотримуватися відповідних вимог (проведення медичного огляду, спеціальне страхування, обмежене застосування старих транспортних засобів).

Перевізники зобов'язані належним чином обслуговувати свої ТЗ. Хоча правила передбачають мінімум перевірки, більшість перевізників перевіряють свої салони та автобуси на предмет механічного стану відповідно до передбачених регламентом критеріїв. Перевірка та технічне обслуговування ТЗ вимагають відповідальності та суворого контролю, і персонал автобусних транспортних компаній (перевізників) приділяє цьому неабияку увагу.

При проектуванні, виготовленні і експлуатації ТЗ користуються державними стандартами безпеки, які охоплюють такі функції безпеки, які стосуються гальмівної системи, освітлення, аварійних виходів, міцності сидінь та вимог до шин. Зокрема передбачено створення сидінь з високими спинками з гнучких матеріалів, що поглинають енергію, щоб утримувати пасажирів на своїх місцях у разі аварії. Щоб гарантувати рівень безпеки необхідно постійно аналізувати дані про нещасні випадки ГПТ і регулярно переглядає стандарти з урахуванням виникаючих проблем безпеки.

Щоб обмежити кількість шкідливих дій у ТЗ ГПТ, можливості їх контролю, все більше операторів, на прохання водіїв, а також пасажирів, встановлюють бортові системи відеоспостереження. Дві-три зручно розташованих камер (передні двері та центральний прохід) можуть забезпечити певний рівень безпеки. Запис відео може бути як безперервним, так і за бажанням водія.

Залежно від обраних функцій, бортові системи відеоспостереження можуть бути з'єднані між собою з радіопередачою, що дозволяють контролювати і за необхідності зв'язуватися, наприклад, з поліцією.

Широко застосовуються бортові рішення для відеоспостереження, які включають реєстратор на борту ТЗ, які записують зображення на жорсткий диск. Час зберігання залежить від розміру диска, а також від використовуваного алгоритму стиснення. Деякі продукти, крім відеоканалів (до 8 для найдосконаліших), також можуть записувати аудіо (звук). Дані зберігаються в шині протягом середньої тривалості, яка залежить від системи (від кількох годин до кількох днів). Для перегляду зображень можна витягти жорсткі диски. Доступ до нього мають лише визначені особи лише у разі інциденту. Модуль перегляду зображень дозволяє відповідно до законодавства переглядати збережені відео.

Деякі виробники пропонують просунуті рішення, які дозволяють передавати зображення через Wi-Fi назовні ТЗ у разі проблеми, про яку повідомив водій. Деякі системи здатні передавати зображення через мережі 3G або 4G. Зображення можуть переглядати групи регулювання (на комп'ютері) або втручання (на планшеті).

Для захисту водійського персоналу від атак можна встановити повністю закриті позиції кабіни водія. Але мало водіїв сприймають це рішення. Їх робота – це постійний контакт з клієнтами, вони не хочуть ізолюватися від пасажирів і замкнутися у власних ТЗ.

Найпростішим засобом в ТЗ є оснащення кнопки виклику, що дозволяє водієві повідомляти про проблему. У поєднанні з геолокацією та радіозв'язком ця система дозволяє командам оперативно втручатися та оцінювати ситуацію.

Наприклад, в Європейських країнах деякі ТЗ обладнуються синім маячком, що вмикається у разі тривоги водієм, що дозволяє бригадам втручання легко ідентифікувати відповідний автобус [1].

Перераховуємо деякі функції безпеки (див. рис. 1), якими повинен володіти сучасний ГПТ (автобус):

1. Добре розпізнаваний. ГПТ повинен бути добре видимий в будь яку пору року і добовий період. Це робиться з тією метою, щоб і пішохід, і інші водії виявляють ГПТ серед різних ТЗ, що рухаються дорогою. Крім того, при зупинці ГПТ можуть висуватися площадки (наприклад для посадки людей з обмеженими фізичними можливостями).

2. Розширені можливості GPS. Сучасний GPS на громадському транспорті допомагає водієві у трізних ситуаціях, демонструючи, наприклад, обмеження швидкості, місця розташування тощо. GPS допомагає водіям залишатися в межах встановлених швидкісних обмежень, дотримуватися маршрутів і уникати різних видів порушень.

3. Добра забезпеченість місцями для сидіння і їх комфортність. Сидіння повинні бути розроблені виключно для ГПТ і надійно зафіксованими. Сидіння повинні мати певну амортизацію (з метою уникнення травм), високу спину (не змінювати свого положення від дії на них пасажирів під час тримання за поручень спинки сидіння).

4. Добре налаштовані дзеркала оглядовості. Дзеркала повинні бути належним чином встановлені таким чином, щоб водій міг бачити зовнішні транспортні засоби, інші об'єкти, а також пасажирів ззовні при посадці і всередині ТЗ. Відрегульовані дзеркала повинні відповідати встановленим стандартам безпеки дорожнього руху. Рекомендується розміщувати такі дзеркала: верхнє ліве оглядове, ліве і праве опукле дзеркало, ліве і праве перехресне дзеркало, а також дзеркало заднього виду (салонне).

5. Комплексне проектування. Повинен мати надійну конструкцію з відповідними перегородками, поручнями, кнопками екстреного виклику.

6. Камери відеоспостереження. Відеоспостереження, встановлене всередині ГПТ, допомагає уникнути непередбачуваної ситуації та інших нещасних випадків. Вони дозволяють відслідкувати події після інциденту. Крім того, моніторинг відео в режимі реального часу запобігає будь-якій поганій поведінці пасажирів та водія в тому числі.

7. Засоби безпеки у випадку ДТП. Наприклад, пожежа в ГПТ з будь-якої причини може мати жахливі наслідки. Обов'язково повинен бути встановлений вогнегасник. Також необхідно регулярно оглядати та підтримувати в належному технічному стані ТЗ. Будь-який ТЗ з механічною або електричною поломкою не повинен використовуватися перед його ремонтом. В сучасному ГПТ додатково застосовуються автоматизовані системи пожежогасіння.

8. Аптечки першої медичної допомоги. Важливо мати аптечку медичної допомоги всередині салону ГПТ.

9. Декілька аварійних виходів. Конструктивно повинно бути передбачено більше одного аварійного виходу, а також систему моніторингу виходу (забезпечує як аудіо, так і візуальний знак водієві, коли вони відкриваються).

10. Безпечні і надійні системи фіксації дверей. Двері повинні бути надійно заблоковані під час руху і відповідати стандартам безпеки.

Небезпечна зона навколо ГПТ – це простір навколо передніх і задніх коліс по обидва боки, на відстані 5 метрів у всіх напрямках. Найнебезпечніша ділянка біля передньої частини.

Існують певні правила, які дозволяють підвищити безпеку навколо підходу або відходу пасажирів від автобуса.

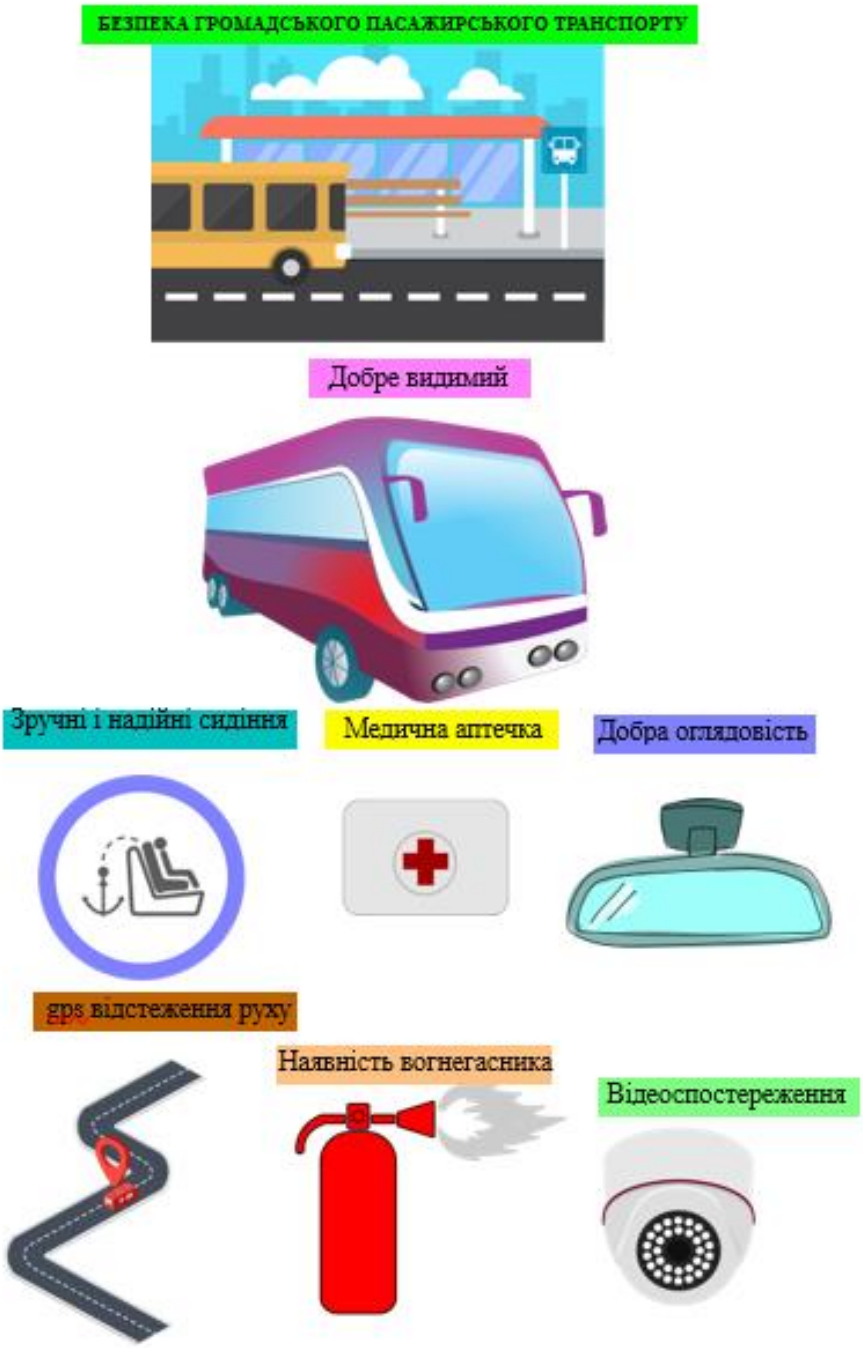


Рис. 1 Заходи безпеки ГПТ

Перебуваючи в салоні ГПТ пасажири повинні дотримуватися загальноприйнятих правил. Це також стосується і водіїв.

Таким чином, безпека пасажира є першочерговим завданням перевізника. Щодня вживаються конкретні заходи для забезпечення безпеки пасажирів, незалежно від типу автобусного транспорту, якими користуємось.

1. La sécurité dans les transports en commun. https://www.transbus.org/dossiers/securite.html. Дата звернення 19.09.2022р.

УДК 629.02:331.435

FEATURES OF PROFESSIONAL RISKS ASSESSMENT OF CAREER DRIVERS OF TECHNOLOGICAL VEHICLES

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ ВОДІЇВ КАР'ЄРНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Чеберячко Сергій, Дерюгін Олег, Третяк Олена

Національний технічний університет "Дніпровська політехніка",
пр. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна

Recommendations have been developed to reduce the probability of emergency situations when transporting rock by quarry dump trucks based on the analysis of the consequences of changing the psychophysiological states of the driver using the "Hazard and operability studies" and "Failure Mode and Effects Analysis" methods. It has been proven that the introduction of new tools reduces the risk of an emergency situation.

Кар'єрний автомобільний технологічний транспорт відіграє важливу роль у переміщенні великого об'єму здобутих корисних копалин в умовах гірничодобувного підприємства [1]. Ефективне використання і продуктивність кар'єрних самоскидів (далі - КС) залежить від кваліфікації водія та персоналу, які задіяні в процесі організації перевезення здобутої сировини. Актуальність цьому процесу додає і той факт, що ефективність всієї системи технології видобутку корисних копалин залежить від надійності водія КС.

Існує багато причин, чому гірниче обладнання для видобутку і транспортування корисних копалин виходить з працездатного стану, і як наслідок, це може призвести до значної аварійної ситуації, зриву термів виконання поставлених виробничих завдань та фінансових збитків гірничодобувного підприємства [2]. Це і технічні поломки притаманні різним механізмам великогабаритного технологічного кар'єрного автотранспорту, це і природні явища та ін. Але найбільше шкоди завдає саме "людська помилка", що зумовлена різними психофізіологічними причинами, які потребують ретельного вивчення [3]. Саме відповідь на це питання визначила актуальність теми представленого дослідження, та дозволила розробити і рекомендувати запобіжні заходи, які спрямовані на своєчасне реагування на усунення вказаних небезпек.

Відомо, що безпека КС залежить від основних ключових елементів, які утворюють систему: "водій-автомобіль-дорога-навколишнє середовище" (далі – система "ВАДС"). Відмова будь-якого елементу системи "ВАДС" збільшує ймовірність виходу її з нормального-функціонального стану і сприяє підвищенню ризику виникнення аварійної ситуації. Фахівці з транспортних технологій виділяють найважливішим елементом системи "ВАДС " - водія, який потребує відповідного рівня контролю психофізіологічного стану під час виконання професійних функцій [4]. В дослідженні [5] вказується, що відмови під час автомобільних перевезень здебільшого пов'язані з поведінкою водія під час керування транспортним засобом (далі - ТЗ). Оскільки у системі "ВАДС" постійно відбувається безперервний обмін інформацією: від технічного стану ТЗ та дорожніх умов і самопочуття водія, який надає команди з управляння та отримує інформацію про результати своїх дій через канали зворотного зв'язку для проведення коригувальних дій відповідно до зміни умов в середовищі [6]. Автори дослідження [7] допускають, що першопричина помилок пов'язана зі зміною його психофізіологічного стану. В дослідженні [8] наведено, що більшість нещасних випадків на дорозі відбувається через відсутність інформованості водіїв стосовно небезпек та їх наслідків для здоров'я. Так, складні ситуації на дорозі в яких водій допускає помилку за статистикою

виникають в середньому раз на місяць, що загальному сенсі призводить до аварійної ситуації один раз на п'ять років [9]. Дану ситуацію пропонується виправити за допомогою теорії планування поведінки водія, яка базується на дослідженнях умов руху, культурних звичок, що дозволяє знайти відповідні прийоми для доповнення та коригування реакції водія на складні ситуації [10]. Причини помилок водія, автори статті [11], досліджували за допомогою методу "Failure Mode and Effects Analysis" (далі - метод "FMEA"), що дозволило їм в результаті оцінювати працездатність водія за допомогою комплексного показника, який дозволяє визначити вплив всіх потенційних небезпек при здійсненні транспортного процесу на ймовірність допущення помилки. Крім того, можна провести і ранжування небезпечних факторів під час транспортування вантажу, що представлено в [12]. Автори на основі системного підходу до ідентифікації небезпек транспортного процесу, встановлювали межу критичності системи після перетину, якої відбувається аварійна ситуація. З іншого боку процес перевезення є і забезпечення надійності логістики в ланцюжку поставок автори статті [13] показали взаємозв'язок між рівнем комфорту в кабіні водія і безпекою праці на основі аналізу методом "FMEA". Це дозволило розробити рекомендації для зменшення травматизму на основі усунення небезпек залежно від тяжкості наслідків для здоров'я людини. Радикальним вирішенням зазначеної проблеми зменшення кількості інцидентів у системі "ВАДС" є випуск промисловістю повністю автономних КС на штучному інтелекті, які приймають самостійні рішення, виходячи зі збору максимальної кількості інформації про оточуюче середовище [14].

З проведеного аналізу, можна виділити декілька основних причин виникнення аварійних ситуацій, де найвагомішу частку займає зміна фізичного або психофізіологічного стану водія під час керування КС: прояви втоми від тривалого знаходження за кермом, висока відповідальності за своєчасність виконаної задачі, погіршення психомоторних реакцій при керуванні КС, прояв втоми від монотонних рухів і знаходження одноманітній робочій позі; зміна емоціонального настрою; втрати концентрації уваги та ін. Крім того, погіршення стану фізичного здоров'я водія під час керування ТЗ може змінюватися на підставі прояві симптомів хронічної хвороби, раптового виникнення вірусного захворювання; залишкових ознак алкогольного або наркотичного сп'яніння, від тривалого керування самоскидом без відпочинку; впливом шкідливих виробничих чинників: вібрація, температура в кабіні КС, шум, пил та ін. [6-10]. Враховуючи обмежену можливість витрати фінансових ресурсів для зменшення впливу професійного ризику (далі – ПР) на водія, виникає задача у ранжуванні всіх небезпек, які погіршують його психофізіологічний стан, що дозволить обґрунтувати ефективні заходи для зменшення ймовірності виникнення аварійної ситуації.

Метою дослідження є розробка рекомендацій щодо оцінки професійних ризиків водіїв під час перевезення гірничої маси кар'єрними самоскидами

Для оцінки ПР при транспортуванні корисних копалин КС, скористаємось методом "Hazard and operability studies" (далі - "HAZOP") та методом "Failure Mode and Effects Analysis" (далі - "FMEA"). Застосування даних методів часто є найбільш економічним, а іноді і єдино можливим способом оцінки ступеня ПР водія, відповідно до вимог [10-13].

Перший крок – це ідентифікація небезпек і працездатності системи перевезення корисних копалин КС. Для визначення небажаної події використаємо декілька керівних слів методу "HAZOP" [14]. Наприклад, при негативному відхиленні: керівне слово: "ні" - процес перевезення відсутній через логістичний збій, або при відхиленні кількісної модифікації: керівне слово "більше" - підвищення температури в кабіні КС чи швидкості руху. Вказівні слова також застосовуємо і для дослідження потенційних небезпек. Наприклад аналізуємо технологічні вузли процесу, поки не вичерпаємо всі можливості аналізу. Потім, процедура переміщується до наступного вузла, де знову ведемо пошук небезпек. Для цього вивчаємо причини вже відомих інцидентів, досліджуємо звіти та статті в яких описуються фактори, які призводить до повної або часткової втрати працездатності виробничого устаткування у відповідності до задекларованих результатів та умов праці. При цьому процес перевезення для зручності поділяємо на декілька частин: технічну, організаційну та виробничу кожну

виокремлену частину розглядаємо окремо для з'ясування можливих порушень, причин їх появи та ймовірні наслідки цих відхилень. Аналіз частоти відмов був зроблений на основі оцінок ймовірності виникнення негативних сценаріїв, які передбачалися небезпечними ситуаціями. При чому частоти були синтезовані з використанням оціночної шкали, виходячи з визначення комбінацій збоїв і обставин, які можуть виникнути під час перевезення. Для визначення наслідків використовували статистично оцінені результати цільової сукупності щодо ПР погіршення рівня безпеки чи здоров'я, економічної складової, а також виникнення аварійної ситуації. Оцінки наслідків були зроблені відповідно до матриці ризиків (табл. 1).

Таблиця 1

Матриця оцінки ризику

Класифікація ризику		Імовірність виникнення				
Матриця		A	B	C	D	E
Важкість наслідків	V	M	M	H	H	H
	IV	M	M	M	H	H
	III	L	M	M	M	H
	II	L	L	M	M	M
	I	L	L	L	M	M

Важкість наслідків		Імовірність виникнення		Ризик
I	Низький	A	Малоймовірно	Низький (L) Помірний (M) Високий (H)
II	Помірний	B	Віддалено	
III	Середній	C	Ситуативно	
IV	Критичний	D	Імовірно	
V	Катастрофічний	E	Часто	

Наступний крок – кількісна оцінка ПР, які виникають в наслідку зміни психофізіологічного стану водія, під час керування КС за алгоритмом методу "FMEA", для виявлення можливих невідповідностей та причин аварійної ситуації. Детально дії експертів за алгоритмом методу "FMEA" описано в стандарті [15].

Група експертів оцінює три основні фактори ризику для режиму можливих потенційних небезпек: тяжкість ("*S*"), виникнення ("*O*") та виявлення ("*D*"). Добуток зазначених компонентів "*S*", "*O*" та "*D*" дозволяє визначити значення рангу пріоритету ПР (("Risk priority number", далі - "*RPN*") за формулою [15]:

$$RPN = S \times O \times D, \tag{1}$$

Оцінка ПР, яка отримана за алгоритмом методу "FMEA" триває до повної ідентифікації значення рангу пріоритету "RPN", що вказує на найвищі значення величини ПР. Найбільш впливовими факторами рахуються ті, у яких значення "RPN" перевищує 150 балів [15].

В результаті поведеного аналізу різних інформаційних джерел [1, 16-20] з опису найбільш розповсюджених аварійних ситуацій КС, які вибірково наведені у табл. 2, були ідентифіковані небезпеки і небезпечні ситуації та виявлені основні причини інцидентів, виходячи з причинно-наслідкових зав'язків розвитку подій методом "HAZOP".

Перераховані в табл. 2 небезпеки – це лише одна з умов виникнення небезпечної події, яка відбувається у разі появи ще двох складових: "взаємодії" між ТЗ і водієм і "каталізатором":

$$"\textit{Небезпечна подія}" = "\textit{Небезпека}" \times "\textit{Взаємодія}" \times "\textit{Каталізатор}", \tag{2}$$

де "*Небезпека*" - потенційно небезпечне явище, яке може завдати шкоди людині (погодні умови, стан доріг, поломка); "*Взаємодія*" - сумісна дія суб'єкта з об'єктом при якій результат дії одного з них може призвести до небезпечного стану; "*Каталізатор*" - певне явище, що приводить в рух подію.

Таблиця 2

Аналіз небезпек транспортного процесу перевезення здобутої сировини КС методом "HAZOP" (фрагмент)

Параметр КС	Ключове слово	Небезпеки	Небезпечна подія	Важкість наслідків	Ймовірність	ПР	Запобіжні дії
Швидкість	Більше	Важкість керування, неможливість ідентифікувати якість дорожнього полотна, дорожні знаки, неможливість керувати КС	З'їзд КС з дорожнього покриття, його перекидання, виникнення аварійної ситуації	Життя і здоров'я водія, пошкодження ТЗ, втрата вантажу, пошкодження дорожнього полотна, більша витрата пального	D	H	Застосувати елементи контролю за швидкістю руху КС
Технічний стан	Менше	Несправність механічних, електричних, гідравлічних компонентів КС	Несправний стан КС, неможливість встановити стояне гальмо, нездатність опустити кузов самоскида, відсутність освітлення		C	M	Застосувати елементи контролю за технічним станом КС
	Частина	Недотримання процедури обслуговування, порушення режиму заміни вузлів і елементів КС			B	L	
Видимість	Менше	Несправність системи освітлення, неможливість ідентифікації небезпек під час руху КС	Відсутність належного освітлення, неможливість ідентифікувати умови руху, аварійна ситуація,		B	L	Застосувати елементи контролю за приладдям освітлення КС
	Інше	Рух в зоні біля потужної електромережі	Удар електричним струмом, пошкодження електронних систем, електричної мережі, аварійна ситуація		B	L	Застосувати елементи контролю під час руху КС
Стан дороги	Інше	Порушення дорожнього покриття, нерівномірність покриття,	Поломки ходової частини, перекидання КС, аварійна ситуація		B	L	Застосувати елементи контролю за поверхнею дорожнього покриття

Метод "HAZOP" не дозволяє при оцінці ризику враховувати зазначену складову. Для прикладу при визначені небезпечної події, як ДТП в умовах обмеженої видимості, чи складних погодних умовах для відповіді не достатньо встановити тільки важкість наслідків та ймовірність виникнення подібних інцидентів, яка визначається зі статистичних даних. Необхідна додаткова інформація про підготовку, досвід, психофізіологічний стан водія, його емоційний стан, щоб прорахувати величину ризику виникнення аварійної ситуації з меншою невизначеністю. Як бачимо виникає потреба у встановлені величини "каталізатору", що можна зробити за допомогою методу "FMEA" через виявлення "дефекту" [19], тобто в нашому випадку, визначення «каталізатору» - певного психофізіологічного стану водія. Тоді будемо рахувати, що пріоритет ризику як раз і охарактеризує появу "небезпеки", а її виникнення

оцінимо як взаємодію між суб'єктом і об'єктом. Приклад з визначення пріоритету ПР наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Приклад з оцінки рангу пріоритету ПР аварійної ситуації модернізованим методом "FMEA"

Елемент, що оцінюється	Небезпечна ситуація	Важкість наслідків		Ймовірність виникнення/взаємодія		Каталізатор		("RPN"= "S"×"O"×"D")
		Опис симптомів	"S"	Опис виникнення	"O"	Опис психологічних впливів	"D"	"RPN"
Безпека перевезень	З'їзд КС з дорожнього покриття, його перекидання, аварійна ситуація	Життя і здоров'я водія, пошкодження ТЗ, втрата вантажу, пошкодження дорожнього полотна	9	Важкість керування, неможливість ідентифікувати якість дорожнього полотна, дорожніх знаків	7	Психофізіологічне напруження, обумовлене тим, що КС є ТЗ підвищеної небезпеки., прояв страху, тривоги, сумнів, невпевненості (характерно для початківців)	5	180
						Поспіх, втрата уваги через керування КС в умовах нав'язаного темпу і дефіциту часу, порушення графіку руху із-за збоїв проведення НРР, темпераменту чи емоційного забарвлення	7	252
						Втома, втрата уваги через недоліки режиму праці відпочинку, наявності шкідливих чинників, відсутності комфорту на робочому місці	7	252
						Емоційні прояви, відволікання через конфлікти, непорозуміння, високу відповідальність	8	288
						Зміна психофізіологічного стану в наслідку темпераменту характеру водія КС	5	180

Як бачимо, ймовірність настання ДТП залежить від декількох "каталізаторів". При чому експерти, які спираються на проведені поведінкові аудити з виявлення небезпечних дій чи ситуацій, прояву тих чи інших рис характеру водіїв, їх компетенції, відношення до виконання вимог нормативних документів, стану здоров'я, санітарно-гігієнічного аналізу умов праці, визначають, за допомогою бальної системи, який показник найбільше вплине на кінцевий результат. Тобто в результаті проведеної оцінки буде отриманий результат по кожній виробничій одиниці, а не середнє ефемерне значення по виробничому циклу. Такий підхід дозволить запроваджувати точково ті чи інші інструменти/запобіжні заходи, які забезпечують максимально можливий бажаний результат.

Ідентифікація небезпек, пов'язаних з керуванням КС та оцінка пов'язаних з ними ПР є основними заходами для підвищення безпеки. Ці кроки дозволяють встановити пріоритети для забезпечення відповідних заходів з безпеки. Даний процес необхідно починати з формування розуміння у водія важливості передбачити певний розвиток подій з подальшим визначенням інструментів, які дозволять уникнути аварійних ситуацій чи принаймні знизити ПР. Це в свою чергу дозволить з планувати ресурси, дії, визначити відповідальних, контрольні дати та відстежити виконання поставлених завдань.

Наявність відповідного сертифікату щодо виконання тих чи інших робіт є не достатньою умовою для їх безпечного виконання. Як бачимо виникає необхідність в перевірці ще як мінімум трьох показників: ставлення, поведінки та розуміння небезпек. Для цього рекомендується запровадити програму з контролю за ефективністю рішень, які спрямовані на поліпшення безпеки і комфорту водіїв для своєчасного внесення коригувальних рішень на основі оцінки напруженості та інтенсивності праці.

Таким чином встановлено, що:

1. Психофізіологічні стани водія КС у більшості випадків призводять до помилок і являються основним каталізатором, який призводить разом з впливом небезпеки під час керування КС та сумісною дією суб'єкта з об'єктом до інциденту. Показано, що у разі усунення одного з наведених складових ДТП не відбудеться. Аналіз причин ДТП показав, що найбільш ймовірним каталізатором їх виникнення є переоцінка своїх можливостей водієм КС.

2. Психофізіологічне напруження водія, яке обумовлене тим, що КС є ТЗ підвищеної небезпеки, прояв страху, тривоги, сумнів, невпевненості; виконання дискретної роботи, яка пов'язана з частими змінами початку руху і зупинками (скупчення великої кількості автомобілів, складний план траси перевезення та ін.); зміна психофізіологічного стану в наслідку керування КС в умовах нав'язаного темпу і дефіциту часу (виконання графіку руху) та прояви втоми від тривалого керування КС без відпочинку.

1. Kairatkyzy G., Karsybaev E.E., Abzhapbarova A.Z., Deryugin O.V., Bas I.K. Improving the efficiency of trucking in the conditions of a mining enterprise. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 3, 131-136. https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-3/125.

2. Dyson, G. Exploring Factors that Affect Reliability of Open Pit Heavy Mining Dump Trucks: A Case of Bisha Mining Share Company, Eritrea. International Journal of Science and Research, 2020, 9(6), 206-219. Режим доступу: https://www.ijsr.net/archive/v9i6/SR20528131656.pdf.

3. Crizzlea, A.M., Malkin, J., Zello, G.A., Toxopeus, R., Bigelow, P., & Shubair, M. Impact of electronic logging devices on fatigue and work environment in Canadian long-haul truck drivers. Journal of Transport & Health, 2021, 24, 101295. https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101295.

4. Javadieh, N., Abdekhodaee, A., & Ektesabi M.M. Risk Analysis of Human Errors in Road Transport Using H-FMEA Technique. Conference: Transport Research Arena (TRA) 5th Conference: Transport Solutions from Research to Deployment. Paris, France. P. 14-17.4.2014. Режим доступу: https://trid.trb.org/view/1315694.

5. Deryugin, O.V., Cheberyachko, S.I., Tretyak, O.O., & Cheberyachko, I.M. Determination of bus drivers' biological age. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, 2018, 22(2), 77-85. https://doi.org/10.15561/18189172.2018.0203.

6. Wipawee, S., Patraporn, S., Leonard, J. A Clinical Evaluation of Scapular Dyskinesis Among Professional Bus Drivers With Unilateral Upper Quadrant Musculoskeletal Pain. Workplace Health & Safety, 2021, 69(10), 460-466. https://doi.org/10.1177/21650799211003562.

7. Bochkovskyi, A.P. Elaboration of occupational risks evaluation models considering the dynamics of impact of harmful factors. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2020, 2(102), 76-85. https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.6777.

8. Golinko, V., Cheberyachko, S., Deryugin, O., Tretyak, O., & Dusmatova, O. Assessing risks of occupational diseases in passenger bus drivers. Safety and Health at Work, 2020, 11(4), 543-549. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.07.005.

9. Borodina, N., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Tretyak, O., & Bas, I. Occupational risk assessment of passenger bus drivers. Journal of Scientific Papers «Social Development and Security», 2021, 11(2), 81-90. https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.2.8.

10. Ghaleh, S., Omidvari, M., Nassiri, P, Momeni, M., Mohammadreza, S., & Lavasani, M. Pattern of safety risk assessment in road fleet transportation of hazardous materials (oil materials). Safety Science, 2019, 116, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.039.

11. Shariff, A., Bonnefon, J.-F., & Rahwanc, I. How safe is safe enough? Psychological mechanisms underlying extreme safety demands for self-driving cars. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2021, 126, 103069. https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103069.

12. Council Directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. Official Journal of the European Union L 183, 29/6/1989. P. 1-8. Режим доступу: https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/2.

13. Standard ISO 45000 Family occupational health and safety. 2018. Режим доступу: https://www.iso.org/iso-45001-occupational-health-and-safety.html.

14. Standard ISO 39001:2012 Road traffic safety management systems. - Requirements with guidance for use. 2018. Режим доступу: https://www.iso.org/standard/44958.html.

15. Standard IEC 31010: 2019 Risk management - Risk assessment techniques. 2019. 264 P. Режим доступу: https://www.iso.org/standard/72140.html.

16. Smith, S.P. & Harrison, M.D. Improving Hazard Classification through the Reuse of Descriptive Arguments. 7th International Conference, ICSR-7, Austin, TX, USA, April 15-19, 2002. https://doi.org/10.1007/3-540-46020-9_18.

17. Standard IEC 60812:2018 Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA). 165 p. Режим доступу: https://webstore.iec.ch/publication/26359.

18. Milewski, R., Smal, T., Decision making scenarios in military transport processes. Archives of Transport, 2018, 45(1), 65-81. https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.0945.

19 Stowers, K., Oglesby, J., Sonesh, S., Leyva, K., Iwig, C., & Salas, E.A. Framework to guide the assessment of human machine systems. Human Factors, 2017, 59, 2, 172-188. https://doi.org/10.1177/0018720817695077.

20. ДСТУ ISO 39001:2015 Система управління безпекою дорожнього руху. Вимоги та настанова щодо застосування (ISO 39001:2012, IDT). Київ: Укрнацстандарт, 2016, 36 с. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64658.

21. Гюлєв, Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія. Х.: ХНАМГ, 2012. - 185 р. ISBN 978-966-695-273-1. Режим доступу: https://core.ac.uk/download/pdf/11332877.pdf.

УДК 631.173.4

METHODOLOGY AND RESULTS OF JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF REPAIR AND TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR CAR MAINTENANCE POINTS

МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПУНКТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Барабаш Руслан, Шарибура Андрій, Рис Василь

Львівський національний університет природокористування
вул. В .Великого, 1, м. Дубляни, 80381

У технологічних процесах (ТП) ремонту дія на предмет праці здійснюється людиною за допомогою ремонтно-технологічного обладнання (РТО). Технологічне обладнання – це засоби технологічного забезпечення, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщені матеріали або заготовки, засоби дії на них або технологічна оснастка. До технологічного обладнання, наприклад, належать: преси, верстати, випробувальні та обкатувальні стенди тощо.

РТО, яке використовується для виконання однойменних операцій в ТП ремонту машин, істотно різниться за своїми параметрами та техніко-економічними показниками.

З метою обґрунтованого вибору обладнання для відповідних ТП потрібно провести аналіз технічного рівня цього обладнання.

Відомі чотири методи визначення технічного рівня виробів: диференційний, комплексний, змішаний та індексний. Диференційний метод передбачає:

1) визначення техніко-економічних параметрів;

2) поділ параметрів на групи показників якості, залежно від того, які властивості виробу характеризують ці параметри. Номенклатура основних груп показників якості продукції:

- *показники призначення:* продуктивність, вантажопідйомність, встановлену потужність двигунів, рівень механізації та автоматизації, габаритні розміри, масу тощо;

- *показники надійності:* напрацювання на відмову T_O, середній час відновлення працездатності T_B, середній термін служби до капітального ремонту, термін гарантії, коефіцієнт готовності $K_Г=T_O/(T_O+T_B)$; коефіцієнт технічного використання $T_{Т.В}=K_Г t_Д/t_Н$,

де $t_Н$ – номінальний фонд робочого часу; $t_Д=t_Н–t_{ТО}$ – дійсний фонд робочого часу; $t_{ТО}$ – час планових технічних обслуговувань;

– *показники економічного використання палива, енергії, матеріалів та інших ресурсів*: продуктивність на одиницю площі, питому площу (м^2/од. головного параметра), питому витрату теплоти, електроенергії (кВт·год/од. головного параметра), питому витрату стиснутого повітря (м^3/год /од. головного параметра);

– показники *технологічності* – енергоємність і трудомісткість виготовлення, питому масу (кг/од. головного параметра);

– показники *транспортабельності* – середню тривалість підготовки виробу до транспортування;

– *ергономічні та естетичні* показники визначаються методом експертних оцінок за п'ятибальною шкалою:

$$K_{ее} = \frac{1}{u}\sum_{i=1}^{u} q_i, \qquad (1)$$

де u – кількість експертів; q_i – оцінка i-го експерта за п’ятибальною шкалою;

– показники *стандартизації та уніфікації:*

коефіцієнт застосовуваності

$$K_З=(n–n_O)/n·100\% , \quad (2)$$

де n – загальна кількість типорозмірів складових частин виробу;

n_O – кількість типорозмірів оригінальних складових частин;

коефіцієнт повторюваності – відношення повторюваних складових частин виробу до загальної кількості його складових частин:

$$K_П=(N–n)/(N–1)·100\%, \quad (3)$$

де N – загальна кількість складових частин у виробі (без врахування стандартних, кріпильних, електромонтажних деталей та деталей тари);

– *патентно–правничі* показники:

показник патентного захисту виробу в Україні

$$П_З' = \sum_{i=1}^{з} к_i' N_i' / N, \quad (4)$$

де s_i – кількість груп значущості; k_i' – коефіцієнт вагомості складових частин, що захищені авторськими свідоцтвами; N_i – кількість складових частин виробу, які захищені авторськими свідоцтвами; N – загальна кількість складових частин виробу;

показник захисту виробу патентами за кордоном

$$П_з'' = \delta \sum_{i=1}^{з} к_i'' N_i'' / N, \quad (5)$$

де δ – коефіцієнт, який залежить від кількості країн, в яких отримані патенти для експорту виробу;

загальний показник патентного захисту виробу $П_З = П_З' + П_З''$;

показник патентної чистоти вказує на можливість вільної реалізації виробу в Україні та за кордоном і розраховується за формулою

$$П_Ч = (N - \sum_{i=1}^{з} к_i N_i) / N, \quad (6)$$

де N_i – кількість складових частин виробу (за групами значущості), які підлягають дії патентів даної країни; $к_i$ – коефіцієнт вагомості кожної групи;

– *екологічні* показники;

– *показники безпеки*: рівень звукової потужності, логарифмічний рівень вібростійкості;

3) визначення коефіцієнтів вагомості m для кожної групи показників (сума коефіцієнтів вагомості для всіх груп повинна дорівнювати одиниці);

4) вибір показників для кожної групи параметрів: ремонтопридатності, показників надійності, показників ергономічності, показників технологічності та комплексу стандартів ЕСТПП;

5) визначення коефіцієнтів вагомості h_i для всіх показників кожної групи (сума коефіцієнтів вагомості для всіх показників у межах групи повинна дорівнювати одиниці);

6) вибір значень показників базового взірця (аналога). Під час вибору значень показників аналога можна використати метод, запропонований професором Т.Л. Кальбусом. Згідно з цим методом аналогу надавались "найкращі" значення окремих показників;

7) розрахунок відносного показника якості i-го параметра j-ої групи за формулами

$$q_i^j = P_{ia}^j / P_i^j, \quad (7)$$

$$q_i^j = P_i^j / P_{ia}^j, \quad (8)$$

де P_i^j – абсолютне значення i-го показника якості виробу в j-ій групі;

P_{ia}^{j} – абсолютне значення *i*-го показника якості аналога в *j*-ій групі;

Формула (3.7) використовується в тому разі, коли для показника аналога вибрано мінімальне значення, а формула (3.8) у тому разі, коли для показника аналога вибрано максимальне значення з-поміж показників якості виробів, що розглядаються;

8) розрахунок відносного показника якості *j*-ої групи за формулою

$$K_j = \sum_{j=1}^{n} h_i q_i^j \,, \tag{9}$$

де *n* – кількість окремих показників в *j*-ій групі;

9) розрахунок узагальненого коефіцієнта технічного рівня виробу за формулою

$$K_{TP} = \sum_{j=1}^{P} m_j K_j \,, \tag{10}$$

Приклад найвагоміших параметрів різних стаціонарних стендів для випробування і регулювання паливних насосів високого тиску (ПНВТ) дизельних двигунів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри стендів для випробування і регулювання ПНВТ дизельних двигунів

№ з/п	Параметр	ДД 10-01	ДД 10-04	СДМ-8-3,7	СДМ-12-11	СДМ-12-02-15	СДМ-12-02-15АТ	ТА-500
1	Тип	стац.	стац.	стац.	стац.	стац.	стац.	стац.
2	Кількість одночасно випробуваних секцій високого тиску, не більше	8	12	8	12	12	12	12
3	Частота обертання привідного вала, об./хв	70-3000	70-3000	50-3000	50-3000	50-3000	50-3000	0-4000
4	Відлік кількості обертів, об./цикл	1-9999	1-9999	1-9999	1-9999	1-9999	1-9999	50-9999
5	Кут розвороту автоматичної муфти випередження вприску, град.	-10…+10	-10…+10	-10…+10	-10…+10	-10…+10	-10…+10	-10…+10
6	Кут початку нагнітання і вприску палива, град.	0-360	0-360	0-360	0-360	0-360	0-360	0-360
7	Місткість паливного бака, л	45	45	38	38	55	55	40
8	Тиск палива, МПа	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3
9	Тиск повітря, МПа	0-0,16	0-0,16	-	-	-0,1…+0,5	-0,1…+0,5	0-30
10	Тиск оливи, МПа	0-0,9	0-0,9	0-0,6	0-0,6	0-0,6	0-0,6	-
11	Живлення від мережі змінного струму, В	220/380	220/380	380	220/380	220/380	220/380	380
12	Потужність приводу, кВт	7,5	11	3,7	11	15	15	15
13	Маса, кг	600	750	800	800	900	900	650
14	Ціна, грн	108500	136500	103250	138250	218750	250250	166250

Кваліфікаційну оцінку проводили за чотирнадцятьма показниками трьох груп: призначення (кількість одночасно випробуваних секцій високого тиску, частота обертання привідного вала, відлік числа обертів, кут розвороту автоматичної муфти випередження вприску, кут початку нагнітання і вприску, живлення від мережі змінного струму, місткість паливного бака, габаритні розміри, маса); економічне використання палива, енергії та матеріалів (потужність приводу, питома площа, ціна); надійність (гарантійний термін від початку експлуатації, середній час усунення відмови, термін експлуатації).

Для оцінки певного показника використовували спеціальну таблицю безрозмірних коефіцієнтів (табл. 2).

Таблиця 2

Таблиця безрозмірних коефіцієнтів оцінювання рівня якості виробів

Градація значень відносних оцінок	Якісна оцінка значення коефіцієнтів
1,0	Максимальний
1,0…0,8	Чудовий
0,8…0,63	Добрий
0,63…0,4	Недостатньо добрий, але прийнятний
0,4…0,3	Гранична зона
0,3…0	Неприйнятний
0	Повністю неприйнятний

Для певного параметра групи якості показників вибирали максимальне значення і присвоювали йому максимальний коефіцієнт значення відносної оцінки 1. Кількісне значення узагальненого показника якості, тобто рівень якості $K_{ТР}$, можна розрахувати як визначення середнього арифметичного значення всіх груп. Для випробування і регулювання ПНВТ потрібно рекомендувати такий стенд, значення узагальненого коефіцієнта технічного рівня якого є найвищим.

Кваліфікаційна оцінка технічного рівня семи стендів для випробування і регулювання ПНВТ дизельних двигунів наведена в табл. 3.

Таблиця 3

Кваліфікаційна оцінка технічного рівня стендів для випробування і регулювання ПНВТ дизельних двигунів

№ з/п	Параметр	Значення відносних показників якості для стендів						
		ДД 10-01	ДД 10-04	СДМ-8-3,7	СДМ-12-11	СДМ-12-02-15	СДМ-12-02-15АТ	ТА-500
1	Кількість одночасно випробуваних секцій високого тиску, не більше	0,667	1	0,667	1	1	1	1
2	Частота обертання привідного вала, об./хв	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1
3	Відлік числа обертів, об./цикл	1	1	1	1	1	1	1
4	Кут розвороту автоматичної муфти випередження вприску, град.	1	1	1	1	1	1	1
5	Кут початку нагнітання і вприску, град.	1	1	1	1	1	1	1
6	Живлення від мережі змінного струму, В	1	1	1	1	1	1	1
7	Місткість паливного бака, л	0,818	0,818	0,691	0,691	1	1	0,727
8	Маса, кг	1	0,8	0,75	0,75	0,667	0,667	0,923
	Коефіцієнт технічного рівня для групи показників	0,793	0,803	0,812	0,84	0,823	0,823	0,826
9	Потужність приводу, кВт	0,493	0,336	1	0,336	0,247	0,247	0,247
10	Питома площа, м^2	0,54	0,537	1	1	0,635	0,635	0,531
11	Ціна, грн	0,952	0,756	1	0,747	0,472	0,413	0,621
	Коефіцієнт технічного рівня для групи показників	0,662	0,543	1	0,694	0,451	0,432	0,466
12	Гарантійний термін від початку експлуатації, міс.	1	1	1	1	1	1	1
13	Середній час усунення відмови, год.	1	1	1	1	1	1	1
14	Термін експлуатації, років	0,875	0,875	1	1	1	1	1
	Коефіцієнт технічного рівня для групи показників	0,958	0,958	1	1	1	1	1
	Коефіцієнт технічного рівня для виробу	0,804	0,768	**0,937**	0,845	0,758	0,752	0,764

Загальну оцінку технічного рівня якості обладнання, що характеризується одним числовим показником, отримують з допомогою комплексного методу, який ґрунтується на застосуванні узагальнених показників. Такі показники є функціями від одиничних і дають змогу враховувати взаємозв'язок властивостей продукції. Комплексний метод передбачає послідовний аналіз простих і складних властивостей продукції та оцінювання ваги впливу кожної з них на загальний технічний рівень якості. Для цього визначають види залежності між показниками простих властивостей і їхніми оцінками та спосіб визначення вагомості (значущості) окремих властивостей, що формують якість. Потім приймають рішення про порядок поєднання кількісних оцінок усіх властивостей, що аналізуються.

Кількість параметрів у диференціальному методі є обмежена, що полегшує процес оцінювання рівня якості виробів. За таким принципом формуються карти технічного рівня оцінюваної продукції.

1. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. – Кн. 1 : Теоретичні основи. Технологія: Підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. игринець. – К. : Вища школа, 1994. –с. – 384 с.

2. Напольский Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. Москва: Транспорт, 1993. 272 с.

3. Новгородский завод ГАРО. Оборудование для автосервиса. Гаражное оборудование. Новгород, 1998. 22 с.

4. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Параметри та показники ефективності технологічних процесів технічного сервісу, що виконуються на стаціонарних постах. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2006. № 10. С. 66–73.

5. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Підвищення коефіцієнта технічного використання тракторів ХТЗ скороченням тривалості їх технічного обслуговування. Вісник ХНТУ ім. П. Василенка: Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. 2015. № 163. С. 78–83.

6. Кузьмінський Р. Структура, параметри та ефективність технологічних процесів ремонту. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2005. № 9. С. 50–60.

УДК 629.113.001

VEHICLE MOBILITY ON THE OFF-ROAD FROM THE CONDITIONS OF TRANSPORTATION COMFORT

МОБІЛЬНІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ БЕЗДОРІЖЖЯМ З УМОВ КОМФОРТНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Бур'ян Михайло, Ланець Олена

Національний університет „Львівська політехніка"
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

Максимальні швидкості руху бездоріжжям (насамперед з твердими, не розмоклими опорними поверхнями – ОП) обмежуються водієм при досягненні гранично допустимого для нього рівнем віброколивних навантажень, що і формує мобільність руху в цих умовах відповідно до прийнятих у міжнародній практиці засад теорії руху бездоріжжям – так зв. террамеханіці [1]. Відповідно і у рекомендаційній нормативній базі країн НАТО, насамперед США, при плануванні руху військової автотехніки (ВАТ) враховується не тільки звична для нас прохідність місцевості, але й обмеження швидкісних режимів руху з-за досягнення гранично допустимих віброколивних навантажень [2,3], що суттєво впливають на втому екіпажу і його ефективність у бойових діях [4,5]. На необхідність врахування цієї проблеми акцентовано і у основах формування національної нормативної бази щодо військової авто - техніки [6].

Оцінка порогових, допустимих рівнів вібронавантажень звично базується на нормах добровільного стандарту ISO 2631-1:1997, що віднедавно прийнятий і в Україні в якості ДСТУ [7]. При цьому визначено 3 рівні допустимих віброколивних навантажень за критеріями:

- «безпека» - з ризиком виникнення захворювань при регулярній дії, але виключенням ризику можливості травмобезпечних або аварійних ситуацій;
- «межа зниження продуктивності праці» - збереження продуктивності праці людини, яка не знижується з-за втоми від віброколивних навантажень;
- «комфорт» - без шкідливого впливу на організм людини.

Остання очевидно є базовою для оцінки комфортності пасажирських перевезень автомобільним та залізничним транспортом, однак в умовах бездоріжжя забезпечення цього рівня є практично нереальним. Практично слід констатувати, з умов [4,5], доцільність використання в ролі базового рівня «межа зниження продуктивності праці" з градацією рівня допустимих навантажень залежно від ймовірної тривалості дії – руху ВАТ бездоріжжям. При транспортуванні особового складу бездоріжжям до передової лінії зіткнення тривалість руху, як правило, не перевищує 8 годин (навіть при перевищенні 8 годин слід враховувати релаксацію організму підчас періодичних привалів), у бойових умовах зіткнення, в умовах сучасних мобільних військових операцій, слід оцінювати тривалість інтенсивного руху у межах 2,5 – 1 год. Відповідні чисельні, порогові значення вертикальних прискорень, що є домінуючими (понад 80%) у формуванні загальних вібронавантажень під час руху автомобіля бездоріжжям [1], представлено у табл.1 [7]. Додаткова вібронавантаженість на передпліччя – кисті рук водія від керма, привід якого має прямий кінематичний звязок з переміщенням коліс, та розглядається віднедавна в сучасному автомобілебудуванні, напр. у ФРН – DIN EN ISO 5349-1: 2001, певним чином компенсується для колісної ВАТ практикою використання підресорних сидінь водія, що не розповсюджена на масових легкових автомобілях, хоча це питання потребує додаткової оцінки.

Основними конструктивними чинниками забезпечення сприйнятної комфортності руху бездоріжжям є звично пружно - демпфуючі характеристики підвіски та шин. У цьому плані

слід зазначити, що у нормативній військовій базі основних країн НАТО введено вимоги щодо гранично допустимих віброприскорень на екіпаж при русі бездоріжжям –фактично щодо ефективності роботи підвіски, диференційовані щодо сфери застосування ВАТ [6].

Таблиця 1

Порогові значення вертикальних віброприскорень по „межі зниження...” згідно [7] (вибірково)

Середньогеометричні частоти третьоктавних смуг, Гц	*Віброприскорення, м/с^2, по часу дії*		
	8 год	*4 год*	*2,5 год*
1,0	*0,63*	*1,06*	*1,4*
1,25	*0,56*	*0,95*	*1,26*
2,0	*0,45*	*0,75*	*1,0*
2,5	*0,4*	*0,67*	*0,9*
3,15	0,355	0,6	0,8
4,0	0,315	0,53	0,71
5,0	0,315	0,53	0,71
6,3	0,315	0,53	0,71
8,0	0,315	0,53	0,73
10	0,4	0,67	0,9
16	0,83	1,06	1,4
20	0,8	1,32	1,8
31,5	1,25	2,12	2,8
40	1,6	2,65	3,55
50	2,0	3,35	4,5
63	*2,5*	*4,25*	*5,6*
80	*3,15*	*5,3*	*7,1*

Практично слід констатувати відповідний особливий акцент при поточному переході основних армій НАТО на наступне, 4-е покоління ВАТ, власне на розвиток конструкцій підвісок – від серійного впровадження незалежних, так зв. довгоходвих пружинних на подвійних поперечних важелях типу Timoney/Oshkosh TAK-4, до активних/напівактивних з автоматикою регулювання пружних і/або демпфуючих характеритик, що дозволяють суттєво підвищити швидкісні режими руху бездоріжжям, власне мобільність ВАТ. Для України в умовах війни та життєвої потреби оновлення застарілого і практично замортизованого парку ВАТ, еквівалентного ще 2-му поколінню аналогічної техніки НАТО, актуальним є опрацювання національної нормативної бази у цій сфері – ДСТУ – В, що наразі відсутня.

1. Wong Y.J. Theory of Ground Vehicle / Mc-Graw Hill Book Comp., London – New-York, 1993. 423 p

2. Defence Transportation. Algorithms, Modells and Application for the 21” Century.- https:/ www.elsevier. Cm/books/defence-transportation-algorithms-models-and-application-for-the-21-century/brigantic/978-0-008-044405-5.

3. Frankenstein S., Richmond P. NATO .Reference Mobility Model Edition 3.0 – NRMMS 3 – https:/www.Users Guide C2-REL, SR-16, Gold Regions Reserarch and Engineering Laboratory, Hannover, 2016.

4. Волонцевич Д.О., Костяник І.В., Камфенкель Д.І. Спосіб підвищення допустимої швидкості ведення вогню з хду при русі бойових машин по пересіченій місцевості/ Вісник ХПІ „Механіка та машинобудування, № 2, 2011 – С. 94-102.

5. Чутков К..А., Хренов И. О. Влияние колебаний боевых колесных машин на их боевую эффективность/ Журнал автомобильных инженеров, № 4, 2016 – С.12-13

6. Грубель М.Г., Крайник Л.В., Андрієнко А.М. Основи формування національної нормативної бази щодо прохідності колісної військової автомобільної техніки / Системи озброєнні і військова техніка, № 2 (62), 2020, вид. ХНУПС МОУ, Харків – С.7-17

7. ДСТУ ISO 2631-1:2004. Вібрація таудар механічний. Оцінка вплив загальної вібрації людину. Частина 1. Загальні виоги / Держспожистандарт України, Київ, 2004. – 34 с.

УДК 621.43

IMPROVEMENT OF THE ENERGY INDICATORS OF THE ENGINE WITH SPARK IGNITION IN FULL LOADS MODES BY ADDITION OF OXYGEN-CONTAINING GAS

ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ В РЕЖИМАХ ПОВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДОДАВАННЯМ КИСНЕВМІСНОГО ГАЗУ

Гора Микола

Національний транспортний університет,
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 02000

Annotation.The result of theoretical research shows an effect on energy efficiency of a spark ignition engine with electronic control injection system with feedback by adding the nitrous oxide to the air charge. It is shown that by using a nitrous oxide, depending on the purpose, it is possible to improve engine energy efficiency, fuel economy and pollution. The results of calculation of the theoretical research of energy efficiency improvement of a spark ignition engine at full load by adding the oxygen-containing compounds to the air charge are given.

Пошук шляхів поліпшення енергетичних показників двигунів внутрішнього згоряння, з відпрацьованими газами, є та залишається перспективним напрямом НДДКР. Підвищення енергетичних показників (крутного моменту, потужності, середнього ефективного тиску) двигунів з іскровим запалюванням за роботи з повним навантаженням є актуальним для легкових автомобілів в умовах руху великих міст, спортивних автомобілів, енергетичних стаціонарних установок. Загальновизнаним напрямом підвищення енергетичних показників двигунів з іскровим запалюванням у режимах повних навантажень є збагачення паливоповітряної суміші. Робота двигуна на збагаченій паливоповітряній суміші призводить до збільшення витрати бензину і погіршення екологічних показників, зокрема при використанні каталітичного нейтралізатора.

Одним з методів, який дозволяє поліпшити одночасно енергетичні і екологічні показники двигуна в названих режимах роботи без збільшення витрати палива є використання добавки кисневмісних сполук до повітряного заряду, зокрема закису азоту, в якому кисень за об’ємом складає 33 %, що значно більше в порівнянні з повітрям (21 %). При цьому добавка закису азоту до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням має бути строго дозована, так як її значне збільшення може призвести до детонації і навіть виходу двигуна з ладу.

Залежно від поставленої мети добавка закису азоту до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням поліпшує:

– енергетичні показники двигуна в режимі повних навантажень використанням повітряного заряду з вищим вмістом кисню і відповідно з більшою подачею бензину;

– паливну економічність без погіршення енергетичних показників переходом від роботи на збагачених бензоповітряних сумішах до роботи двигуна на стехіометричній і навіть збідненій суміші;

– умови для ефективної роботи каталітичного нейтралізатора при стехіометричному складі суміші без погіршення паливної економічності і енергетичних показників.

Для обгрунтування названих напрямів поліпшення показників двигунів з іскровим запалюванням у режимах повних навантажень добавкою закису азоту до повітряного заряду провели розрахункові дослідження з використанням результатів експериментальних досліджень двигуна 6Ч9,5/6,98 з системою впорскування, зворотним зв’язком і каталітичним

нейтралізатором [2, 3], проведених у лабораторії випробування двигунів Національного транспортного університету.

На рисунку 1 показана залежність коефіцієнту надміру повітря від частоти обертання за роботи двигуна з повним навантаженням. В усьому інтервалі досліджуваних частот обертання коефіцієнт надміру повітря α змінюється в межах 0,84…0,88, тобто система управління для отримання високих енергетичних показників підтримує дещо збагачений склад паливоповітряної суміші, що призводить до збільшення витрати бензину.

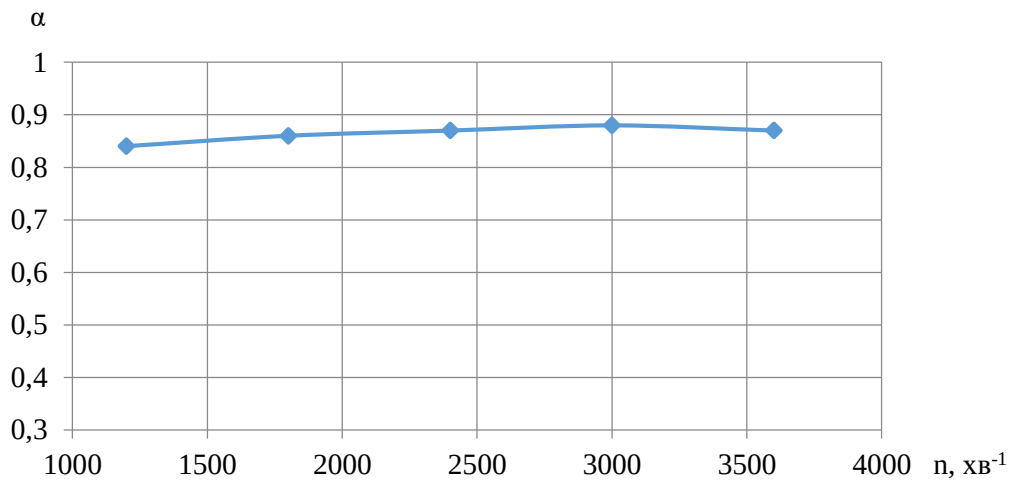


Рис. 1 – Залежність коефіцієнту надміру повітря від частоти обертання двигуна 6Ч9,5/6,98 за роботи з повним навантаженням

На рисунку 2 показана залежність середнього ефективного тиску від частоти обертання при повному навантаженні.

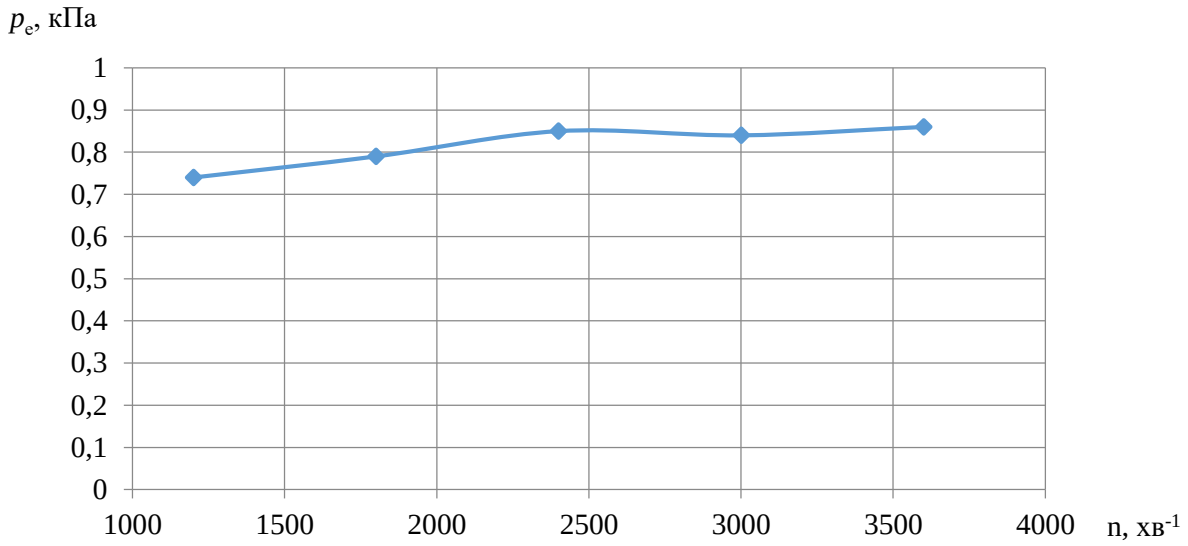


Рис. 2 – Залежність середнього ефективного тиску від частоти обертання двигуна 6Ч9,5/6,98 за роботи з повним навантаженням

Для дослідження обрали частоту обертання 1800 хв$^{-1}$, показники в цьому режимі α = 0,86, p_e = 0,79 кПа.

Середній індикаторний тиск робочого циклу двигуна визначили з відомої залежності:

$$p_i = \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \eta_v \cdot \rho_{пов}\,, \tag{1}$$

де p_i – індикаторний к.к.д.; H_u – нижча теплота згорання, кДж/кг; l_0 – теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг палива, кг/кг; η_v – коефіцієнт наповнення; $\rho_{пов}$ – густина повітряного заряду, кг/м^3. При добавці закису азоту до повітряного заряду змінюються його характеристики l_0 і $\rho_{пов}$. Інші параметри при незмінному складі паливоповітряної суміші, як показано в дослідженні [1], можуть бути прийняті незмінними, тоді залежність середнього індикаторного тиску. p_i' при добавці закису азоту до повітря на впуску матиме вигляд

$$p_i' = Д\frac{\rho_{пов}'}{l_0'}, \tag{2}$$

де Д – стала величина; $\rho_{пов}'$ і l_0' – густина повітряного заряду і теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг палива при добавці закису азоту до повітря на впуску. Визначили зміну l_0 при добавці закису азоту до повітряного заряду в кількості 10 % за об'ємом за відомою залежністю

$$l_0 = \frac{1}{g_{O_2}} \cdot \left(\frac{8}{3}C + 8H - O_Т\right), \tag{3}$$

де g_{O_2} – масова частка кисню в повітряному заряді (кг/кг); *C, H,* $O_Т$ – масові частки елементів у паливі (кг/кг).

При добавці закису азоту змінюється g_{O_2}. Через молярні маси, об'ємні та масові частки повітря, закису азоту і їх елементів розраховано величину l_0 за формулою (3), яка складає при використанні повітряного заряду без добавки закису азоту l_0 = 14,8 кг/кг, з добавкою 10 % за об'ємом закису азоту l_0' = 13,7 кг/кг.

Густина повітряного заряду $\rho_{пов}$ в процесі визначення характеристик, показаних на рисунках 1 і 2, становила $\rho_{пов}$ = 1,22 кг/м^3. Густина закису азоту для умов проведення експерименту (*P* = 101050 Па, *T* = 289 *K*) становить ρ_{N_2O} = 1,85 кг/м^3. При добавці закису азоту до повітря в кількості 10 % за об'ємом густина повітряного заряду становить $\rho_{пов}'$ = 1,31 кг/м^3 та розрховується через густину і масову частку повітря та закису азоту.

Визначене з залежностей (1) і (2) відношення середніх індикаторних тисків

$$\frac{p_i'}{p_i} = \frac{\rho_{пов}' \cdot l_0}{l_0' \cdot \rho_{пов}} = 1{,}16.$$

Підвищення середнього індикаторного тиску призведе до підвищення ефективних показників двигуна. Визначений в експерименті середній тиск механічних втрат в цьому режимі складає $p_м$ = 0,12 МПа, середній ефективний тиск $p_е$ = 0,79 МПа, середній індикаторний тиск p_i = 0,91 МПа. Тоді очікуваний середній ефективний тиск

$$p_е' = 1{,}16 \cdot p_і - p_м = 0{,}936 \text{ МПа}. \tag{4}$$

Таким чином, можна очікувати, що добавка закису азоту до повітряної суміші заряду двигуна з іскровим запалюванням величиною 10 % за об'ємом призведе до поліпшення енергетичних показників за роботи з однаковим складом паливоповітряної суміші на 18 % ($\frac{p_е'}{p_е}$ = 1,18).

Для визначення необхідного збільшення циклової подачі бензину для отримання незмінного складу паливоповітряної суміші (α = 0,86) проаналізували вираз коефіцієнта надміру повітря для одного циклу

$$\alpha = \frac{V_h \cdot \eta_v \cdot \rho_{\text{пов}}}{l_0 \cdot q_{\text{ц}}} \cdot 10^3, \quad (5)$$

де: V_h – робочий об'єм циліндра (V_h = 0,5 л); η_v – коефіцієнт наповнення, визначений в експерименті ($\eta_v = 0{,}72$); l_0 – теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг бензину (для роботи без добавки закису азоту, l_0 =14,8 кг/кг, з добавкою 10 % за об'ємом l_0' = 13,7 кг/кг); $\rho_{\text{пов}}$ – густина повітряного заряду, визначена в процесі експерименту $\rho_{\text{пов}}$ = 1,22 кг/м^3, розрахована при 10% добавці закису азоту $\rho'_{\text{пов}}$ = 1,31 кг/м^3; $q_{\text{ц}}$ – циклова подача бензину, визначена в експерименті $q_{\text{ц}}$ = 34,5 мг/цикл, $q'_{\text{ц}}$ – необхідна для отримання незмінного складу паливоповітряної суміші (α = 0,86).

Із залежності (5) визначили, що для отримання незмінного складу паливоповітряної суміші (α = 0,86) при добавці 10 % за об'ємом закису азоту до повітряного заряду двигуна необхідно збільшити циклову подачу бензину з 34,5 мг/цикл до 40 мг/цикл на 16 %.

Отже, енергетичні показники двигуна, середній ефективний тиск при добавці 10 % закису азоту до повітряного заряду зростуть на 18 %. Витрата палива при незмінному складі паливоповітряної суміші збільшиться на 16 %, тобто паливна економічність двигуна не зміниться при зростанні енергетичних показників.

1. Гаркуша Ю.В. Поліпшення енергетичних показників і паливної економічності бензинового двигуна в режимах повних навантажень: дис.. канд. техн. наук: 05.05.03/ Гаркуша Юхим Володимирович; Нац. транс. ун-т. – К. 2010. – 146 с.

2. Дядченко В.Л. Покращення паливної економічності багатоциліндрових двигунів з впорскуванням бензину в режимах малих навантажень і холостого ходу: дис.. канд. техн. наук: 05.05.03/ Дядченко Вячеслав Леонідович; Нац. транс. ун-т. – К., 2010. – 172 с.

3. Сирота О.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників багатоциліндрового бензинового двигуна застосуванням комбінованого методу регулювання потужності: дис.. канд. техн. наук: 05.05.03/ Сирота Олександр Вадимович; Нац. транс. ун-т. – К., 2011. – 182 с.

УДК 621.43

INFLUENCE OF THE COMBINED METHOD OF POWER REGULATION IMPLEMENTATION WAY ON SPARK IGNITION ENGINE'S MECHANICAL LOSSES AND FUEL ECONOMY

ВПЛИВ СПОСОБУ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ НА МЕХАНІЧНІ ВТРАТИ ТА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ

Гутаревич Юрій, Ричок Сергій

Національний транспортний університет,
Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1

Основними режимами роботи автомобільних двигунів в умовах експлуатації є режими холостого ходу та часткових навантажень. Це в першу чергу характерно для руху автомобілів в населених пунктах. Відомо, що паливна економічність поршневих двигунів внутрішнього згорання, якщо оцінювати її питомою витратою палива, в названих режимах значно погіршується. Особливо це характерно для двигунів з іскровим запалюванням, в яких погіршення паливної економічності, крім характерних для всіх поршневих двигунів причин, є наслідком зростання механічних втрат, зокрема насосних. Одним з напрямів поліпшення паливної економічності двигунів із іскровим запалюванням в названих режимах є застосування комбінованого методу регулювання потужності, суть якого полягає в поєднанні дроселювання всіх циліндрів в режимах середніх і високих навантажень та відключення групи циліндрів в режимах малих навантажень і холостого ходу і дроселювання лише працюючих циліндрів. Ефективність такого методу доведена чисельними дослідженнями і використанням цього методу в багатьох двигунах. Встановлено, що ефективність методу залежить від способу реалізації процесу відключення групи циліндрів. Оцінювати способи експериментальним шляхом досить складно, тому часто, попередньо, оцінку виконують розрахунками з використанням експериментальних даних обраних показників, які впливають на ефективність комбінованого методу.

Для відтворення різних способів реалізації комбінованого методу регулювання потужності в систему газообміну двигуна внесено ряд конструктивних змін (Рис. 1). Для роз'єднання групи робочих циліндрів А (1-2-3) від групи В (4-5-6), які відключають, використано заслінку 4, яку використовують на ряді моделей двигунів Opel, для припинення подачі паливо-повітряної суміші у групу циліндрів В встановили заслінку 3, для вільного впуску повітря у групу циліндрів В, яку відключили, встановили заслінку 7.

Змінюючи положення цих заслінок визначали показники двигуна за роботи на шести циліндрах при дроселюванні та роботі на трьох циліндрах з незмінною системою газообміну (заслінка 3 відкрита, заслінка 7 закрита). Механічні втрати визначали при прокручуванні прогрітого двигуна електро-гальмівною машиною при різних кутах відкриття дросельної заслінки при незмінній системі газообміну (заслінка 3 відкрита, заслінка 7 закрита) і при вільному впуску повітря у відключену групу циліндрів В (заслінка 3 закрита, заслінка 7 відкрита)

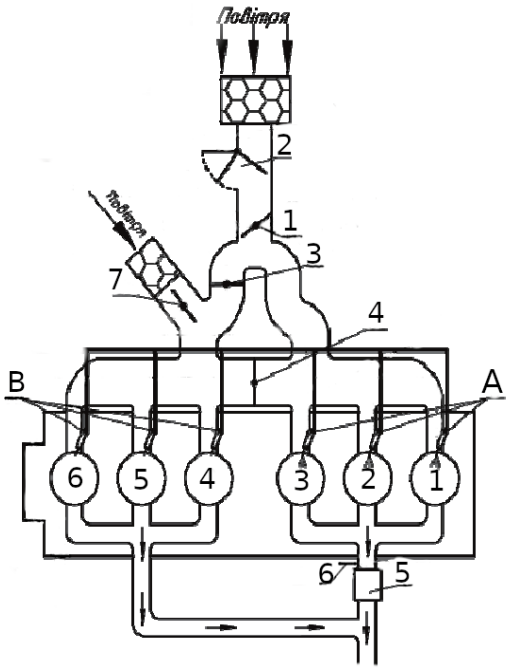


Рисунок 1 - Схема системи газообміну двигуна з внесеними змінами
1- дросельна заслінка; 2 - витратомір повітря; 3, 4, 7 - заслінки; 5 - нейтралізатор; 6 - лямбда-зонд; А група робочих циліндрів 1-2-3; В група циліндрів, які відключають 4-5-6

Визначені величини моментів сумарних механічних втрат від кута відкриття дросельної заслінки при незмінній системі газообміну та при вільному впуску повітря у групу відключених циліндрів наведено нижче (Рис. 2). Прокручування прогрітого двигуна (температура охолодної рідини 70...75°С) проводили за роботи стенду в режимі джерела механічної енергії.

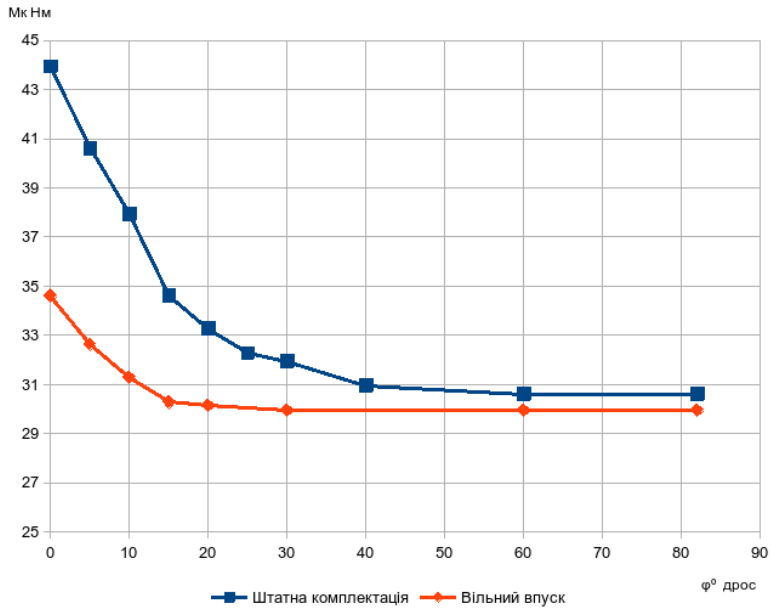


Рисунок 2 - Залежність моменту механічних втрат у двигуні від кута відкриття дросельної заслінки ($n = 2000$ хв$^{-1}$)

Для порівняння впливу способів реалізації комбінованого методу регулювання потужності двигунів з іскровим запалюванням на паливну економічність (питому ефективну витрату палива) використано наступну залежність:

$$g_e = \frac{3600 \cdot \frac{i-k}{i} \cdot p_{\text{i}}}{\left(\frac{i-k}{i} p_{\text{i}} - p_m - \frac{i-k}{i} p'_{\text{г}} - \frac{k}{i} p''_{\text{г}} - p_{\text{д}} - \frac{k}{i} p_q\right) \cdot \eta_i \cdot H_u}$$

де p_{i} - середній ефективний тиск у працюючих циліндрах; p_{m} - середній тиск втрат на тертя в двигуні при регулюванні потужності відключенням групи циліндрів; $\text{p}'_{\text{г}}$ - тиск втрат на газообмін в (i-k) працюючих циліндрах; $\text{p}''_{\text{г}}$ - тиск втрат на газообмін у відключених циліндрах; $\text{p}_{\text{д}}$ - тиск на привід розподільчого вала та допоміжного обладнання; p_{q} - середній тиск теплових втрат у (k) відключених циліндрах; η_{i} - індикаторний ккд; H_{u} - нижча теплота згорання палива, МДж/кг.

За результатами розрахунків встановлено, що перехід від способу відключення лише палива в групу циліндрів без змін системи газообміну до способу відключення палива з вільним впуском повітря до відключеної групи циліндрів дозволяє поліпшити економічність на 5..11%, і лише при повному відкритті дросельної заслінки працюючої групи циліндрів питома ефективна витрата палива однакова. Це пояснюється тим, що механічні втрати в двигуні, як показано вище, для цього режиму практично однакові.

1. Ричок С.О. Напрями удосконалення комбінованого методу регулювання потужності двигуна з іскровим запалюванням. Київ: Вісник НТУ. Серія "Технічні науки", Випуск 3 (50)'2021, 180 – 187 с.

УДК 621.9.015

ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE FORMATION OF DEFECTS ON THE SURFACES OF CAR VARIATOR PARTS

АНАЛІЗ ПРИЧИН УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ НА ПОВЕРХНЯХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАРІАТОРІВ

Дзюра Володимир, Семеген Володимир

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001

Сучасне машинобудівне виробництво постійно розширює номенклатуру виробів, в яких робочі поверхні деталей машин отримують найскладнішу форму. В автомобільній промисловості все більшого поширення набувають безступінчасті варіаторні трансмісії, основними робочими елементами яких є конусні привідні елементи з які наближено можна вважати дисками. Найпоширеніше застосування такі деталі отримали у варіаторах JF011E, які використовуються на автомобілях Dodge Caliber, Nissan X-trail, Nissan Qashqai, Nissan Teana, Nissan Tiida, Mitsubishi Lancer, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi Galant, Mitsubishi GalantASX, Peugeot 4007, Renault Scenic, Renault Megane, Renault Fluence, Renault Koleos, а також на варіаторах JF015E, які використовують на автомобілях Nissan Juke, Nissan Micra, Suzuki Swift. Використання на таких поверхнях регулярного мікрорельєфу (РМР) дозволить збільшити ресурс роботи трансмісії і зменшити витрати на експлуатацію згаданих автомобілів. Крутний момент, який передають такі варіатори коливається в межах 140-170 Н·м.

Варіаторна коробка передач відноситься до класу безступінчатих трансмісій (CVT) та забезпечує найбільшу паливну економічність, саме тому вона і набула такої популярності серед особистих транспортних засобів.

Різні конструкції варіаторів у автовиробників мають власні назви: Autotronic від Mercedes-Benz, Ecotronic, Durashift CVT від Ford, Lineartronic від Subaru, Multidrive від Toyota, Multimatic від Honda, Multitronic від Audi, Xtronic, Hyper від Nissan.

Конусні фрикційні варіатори завдяки ряду технічних переваг використовуються не лише в автомобілях, а й в інших галузях машинобудування. Технічні вимоги до конусних фрикційних варіаторів регламентуються відповідно до національних та міжнародних стандартів.

Аналіз міжнародних стандартів дозволяє сформулювати технічні вимоги до конусних елементів конструкцій (дисків) варіатора, а саме:

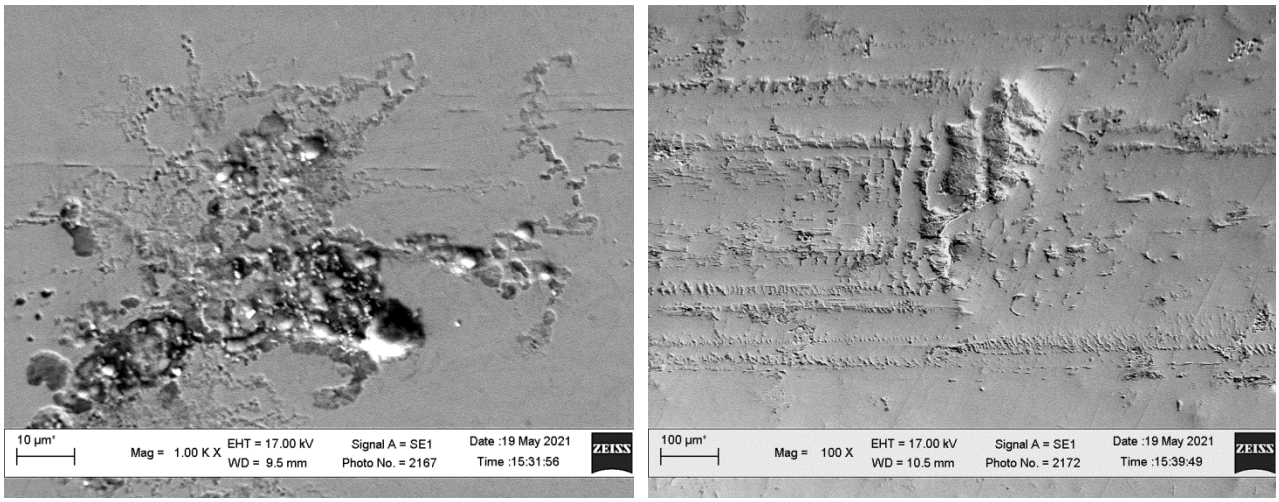
– биття конічної робочої поверхні дисків не повинно перевищувати 0,05 мкм;

– шорсткість конусної робочої поверхні дисків (середнє арифметичне відхилення профілю Ra) не повинно перевищувати 0,8 мкм.

Недотримання умов експлуатації, а саме: несвоєчасна заміна мастила, перегрів робочої зони та надмірне питоме навантаження викликають утворення поверхневої адгезії між робочими поверхнями конусного диска і привідного металевого паса варіатора. Це у свою чергу, призводить до утворення поверхневих дефектів у вигляді раковин (рис. 2а), слідів пластичного деформування (рис. 2б).

а) *б)*

Рис.1. Новий а) і спрацьований б) конічний диск варіаторної трансмісії після 100 тис. км пробігу



а) *б)*

Рис.2. Поверхневі дефекти зумовлені недотриманням умов експлуатації варіаторної трансмісії: а) раковини, б) сліди пластичного деформування

При зростанні робочої температури в зоні контакту поверхонь конусного диска і привідного паса, що є наслідком його перегріву, а також зростанні питомих тисків, що є наслідком швидкого зростання навантаження, яке виникає, як правило, при пробуксовуванні, швидкість схоплювання матеріалу поверхонь (адгезії) значно зростає. Також однією з причин, які пришвидшують схоплювання поверхонь є наявність в мастилі дрібнодисперстних частинок – металевих продуктів зношування. Саме тому при недотриманні умов експлуатації навіть при невеликих пробігах варіатор може вийти з ладу, незаважаючи на забезпечені параметри якості. Тому пошук шляхів зменшення питомих тисків, робочої температури та збільшення маслоємкості поверхні диска технологічними методами є важливою задачею сучасного автомобілебудування.

Таким чином формуванням структури технологічних операцій, яка б забезпечила належні експлуатаційні властивості робочих поверхонь і буде вирішенням проблеми забезпечення необхідного ресурсу роботи варіаторної трансмісії.

УДК 629.331

FEATURES OF REPAIR TECHNOLOGY ENGINEERING AND MODERNIZATION OF ROAD TRANSPORT VEHICLES IN THE CONDITIONS OF INFORMATION-ORIENTED PRODUCTION

ОСОБЛИВОСТІ ІНЖИНІРИНГУ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ І МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНО ОРІЄНТОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Дудукалов Юрій

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002

Дослідження спрямовані на підйом ефективності експлуатації засобів автомобільного транспорту (ЗАТ), перш за все військового і подвійного призначення, за рахунок підвищення рівня конструкторського і технологічного інжинірингу виробничих процесів ремонту і модернізації, що досягається впровадженням принципів інформаційно орієнтованого виробництва.

Висока ефективність функціонування авторемонтних і ремонтно-обслуговуючих підприємств в значній мірі може бути забезпечена широким використанням новітніх інформаційних технологій. Саме вони в сукупності з прогресивними операційними технологіями обумовлюють зростання продуктивності праці та якості продукції, скорочення термінів технологічної підготовки ремонтного виробництва і строків виконання заказів. Так зараз, по нашим статистичним даним, в більшості ремонтних підрозділів машинобудівних підприємств лише до 30-50% конструкторської і технологічної документації представлено в електронному вигляді.

На сьогодні відповідний рівень інформаційного забезпечення конструкторського і технологічного інжинірингу – це не просто використання електронних каталогів і мультимедійних засобів, а формування єдиного інформаційного простору для проектних і виробничих підрозділів з урахуванням вимог автоматизованих систем управлення виробництвом.

Для вирішення проблем відповідного інформаційного забезпечення технологій ремонту і модернізації необхідно для побудови організаційної схеми функціонування ремонтного підприємства враховувати такі положення:

– виконувати розробку методів управління якістю продукції, використовуючи системні моделі інтегрованого інформаційного середовища для авторемонтних і ремонтно-обслуговуючих підприємств;

– забезпечити структурні елементи об’єктів, процесів ремонту і модернізації відповідними електронними моделями, макетами, інтерактивними електронними технологічними настановами;

– налагодити ідентифікацію об’єктів ремонту і модернізації, безпаперовий документообіг, використовуючи можливості комп’ютерних мереж.

Для інформаційного забезпечення такого ремонтного виробництва, що орієнтоване на широке використання комп’ютерних технологій обробки конструкторської, технологічної та інших видів інформації, потрібно враховувати наступні особливості.

1. Передбачається формування інтегрованої структури інформаційних систем для підприємств ремонту і модернізації. Такі інформаційні системи виконують обробку масивів даних, включаючи застосування технологій блокчейну, які характеризують множини вхідних, вихідних і управляючих векторів для статичних і динамічних процесів в технологічній

системі. В структурі інформаційно орієнтованого виробництва формуються три основні ієрархічні рівня:

1) верхній рівень (планування), що включає в себе підсистеми конструкторського і технологічного інжинірингу для вирішення задач планування виробництва;

2) середній рівень (проектування), що включає в себе підсистеми конструкторського і технологічного інжинірингу для проектування виробів, технологічних процесів, розробку управляючих програм для обладнання з мікропроцесорним керуванням;

3) нижній рівень (управлення технологічними операціями) включає в себе підсистеми технологічного інжинірингу для управлення технологічним обладнанням.

2. Потрібна поетапність впровадження і поступове підвищення рівня інформаційного забезпечення ремонтного підприємства. Для першого рівня виконується комп'ютеризація виконання і оформлення конструкторської і технологічної документації. Другий рівень – комп'ютеризація пошукових і розрахункових задач, а третій – вирішення за допомогою інформаційних технологій складних конструкторських і технологічних задач з прийняттям рішень. На сьогодні саме на задачі третього рівня повинно спрямовувати системи інформаційного забезпечення конструкторського і технологічного інжинірингу ремонтних підприємств.

3. Для реалізації переваг єдиного інформаційного простору потрібно підвищити фактичну забезпеченість комп'ютерними системами процесів ремонту і модернізації. Ефективне управління таким ремонтним підприємством буде представляти собою інтелектуальну управляючу систему, що має властивості прогнозування, аналітичної обробки даних (OLAP-системи), або с можливостями прийняття рішень (DSS-системи). В умовах використання таких систем вирішуються проблеми поточного виробництва, незважаючи на багатоваріантність технологій ремонту і модернізації, існуючу різномарочність ЗАТ. Так, застосування штрих кодування під час проведення ідентифікації об'єктів ремонту дозволяє реалізувати переваги групових знеособлених технологій і проводити конструкторську і технологічну підготовку за принципами одиничних технологій для індивідуалізованих ЗАТ.

4. Використовується комплект електронних еталонів ЗАТ, що включає:

– базовий електронний еталон – повне електронне визначення виробу, де вказані зміни, заміни та інше для конкретних виробів;

– ремонтний або ремонтно-експлуатаційний еталон з інформацією про технічні умови на ремонт ЗАТ і відновлення деталей;

– еталон конструкторської і технологічної документації модернізації.

5. Аналіз існуючих розробок показав, що ефективна технологічна підготовка може виконуватись лише спеціалізованими САПР для підприємств ремонту і модернізації. Такий програмний комплекс для сумісної автоматизованої конструкторської і технологічної підготовки створений в ХНАДУ.

6. Передбачається розвиток нормативної бази на основі стандартів ISO 9000:2000. Інтелектуальна система управління в такому випадку прагне досягти мети на кожному рівні ієрархії.

Таким чином, виявлені особливості формування систем конструкторського і технологічного інжинірингу для виробничих процесів ремонту і модернізації для забезпечення ефективної експлуатації засобів автомобільного транспорту, перш за все військового і подвійного призначення, на ремонтних підприємствах в умовах інформаційно орієнтованого ремонтного виробництва.

УДК 629.113

THE PROBLEM OF CHOOSING THE OPTIMUM TYPE OF MOTOR FUEL FOR A CAR

ПРОБЛЕМА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ВИДУ МОТОРНОГО ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ

Захарчук Віктор, Свинарчук Олександр, Мордас Ілля

Національний технічний університет
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018

Більшість альтернативних моторних палив відрізняються від традиційних нафтових палив фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями, що призводить до суттєвої зміни характеристик силової установки та експлуатаційних властивостей самого транспортного засобу. Не дивлячись на накопичений численний матеріал по застосуванню альтернативних палив на автомобільному транспорті, використання цього матеріалу для порівняльної оцінки ефективності транспортного процесу утруднено. Це обумовлено неоднаковими умовами проведення експериментів і практичної експлуатації транспортних засобів, а часто і протирічними результатами [1].

Метою роботи є розробка методики оцінювання показників функціонування транспортних засобів, двигуни яких працюють на альтернативних паливах.

Дослідження процесу експлуатації транспортних засобів (ТЗ), які працюють на альтернативних видах палива, здійснено на моделі експлуатаційної системи «паливо-транспортний засіб», що складається з двох підсистем, об'єднаних кінцевою метою - виконання транспортної роботи (рис. 1), причому в комплексний показник цільової функції входять показники пристосованості, екологічної безпеки та економічної ефективності експлуатації [2].

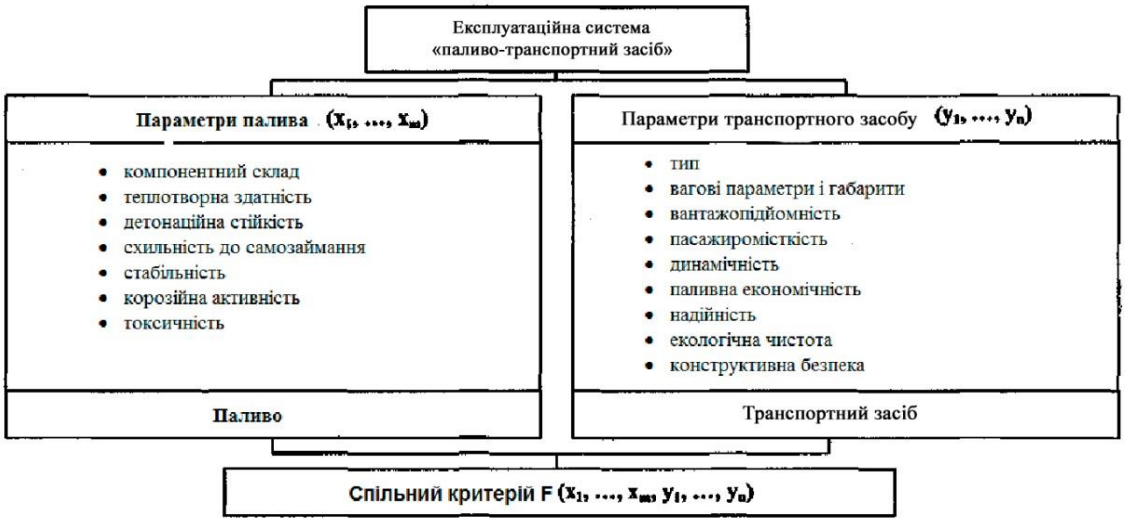


Рис. 1. Експлуатаційна система «паливо – транспортний засіб»

Підсистема «паливо» залежить від m нормованих параметрів, які можна вважати точкою $x_j \in X$ (X – множина параметрів палива) в m – мірному просторі параметрів підсистеми (j=1, …, m).

Підсистема «транспортний засіб» залежить від n нормованих параметрів, які можна вважати точкою $y_i \in Y$ (Y - множина параметрів транспортного засобу) в n - мірному просторі параметрів підсистеми (i =1, … , n).

Функції існування $f(x)$, $f(y)$ можуть бути записані для кожної підсистеми, так як вони володіють певною автономністю.

Для підсистеми «паливо» функціями існування будуть взаємозв'язки між физико-хімічними і теплоенергетичними параметрами, перелік яких встановлений стандартами. Для підсистеми «транспортний засіб» - взаємозв'язки між основними техніко-економічними і експлуатаційними параметрами, що включають екологічні характеристики.

Експлуатаційна система «паливо-транспортний засіб» в цілому залежить від m·n параметрів. В її підсистемах, в m·n-мірному просторі параметрів системи виділяють деяку множину допустимих параметрів $X \cup Y$ (область визначення параметрів системи «паливо-транспортний засіб»).

Завдання підбору палива для ДВЗ зведена до задачі оптимізації параметрів експлуатаційної системи «паливо-транспортний засіб», тобто до відшукання таких значень $x_1,...,x_m, y_1,...,y_n$, при яких виконується умова $F(x_1,...,x_m, y_1,...,y_n) \rightarrow \min$ де $x_j \in X$ (множина параметрів палива), $y_i \in Y$ (множина параметрів транспортного засобу) або до доведення, що таких значень на множині $X \cup Y$ (область визначення параметрів системи «паливо-транспортний засіб») не існує.

Спеціалізація всієї системи за цільовою ознакою - призначенням, вносить елементи взаємодії і взаємовпливу між *x*, *y*, тобто матимемо взаємозалежні параметри в просторі *m·n*.

Особливості вибору оптимальних параметрів системи наступні:

- немає можливості виразити цільову функцію через змінні в явному вигляді, оскільки параметри підсистем тісно взаємозв'язані між собою трансцендентними рівняннями відносно векторів *x*, *y*;
- висока розмірність задачі, оскільки пошук оптимального варіанту системи ведеться в *m·n* -мірному просторі параметрів;
- є як неперервні змінні (параметри), так і дискретні змінні, зокрема цілочисельні.

Ці особливості і аналіз методів пошуку оптимальних параметрів сприяють застосуванню такого методу оптимізації, як сканування, при якому здійснюється повний перебір для чисельних змінних і цілеспрямований для безперервних [2].

Як вже було сказано, завдання підбору палива для ДВЗ зведено до задачі оптимізації параметрів експлуатаційної системи «паливо-транспортний засіб», тобто до відшукання таких значень $x_1,...,x_m, y_1,...,y_n$, при яких виконується умова $F(x_1,...,x_m, y_1,...,y_n) \rightarrow \min$ де $x_j \in X$ (множина параметрів палива), $y_i \in Y$ (множина параметрів транспортного засобу) або до доведення, що таких значень на множині $X \cup Y$ (область визначення параметрів системи «паливо-транспортний засіб») не існує. Відповідно до запропонованої нами функціональної схеми, розіб'ємо завдання на три етапи.

Модельні представлення функціонування ТЗ, працюючих на альтернативних паливах, дозволили звести задачу підбору палива до оптимізації параметрів експлуатаційної системи «паливо-транспортний засіб» за критеріями технічної пристосованості, екологічної безпеки та економічної ефективності експлуатації.

1. Захарчук В.І. Використання альтернативних моторних палив у засобах технологічного транспорту. Монографія - Луцьк: Луцький НТУ, 2015 – 233 с.

2. Бондаренко Е.В., Филиппов А.А., Коротков М.В.Оценка экологической опасности автомобиля, работающего на разных видах топлива//Автомобильная промышленнос.- 2004.- № 4.

УДК 629.33-027

ENERGY EFFICIENCY RESEARCH IN THE OPERATION OF ELECTRIC VEHICLES

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

[1]Ігнатюк Роман, [1]Корж Ілля, [2]Мінькевич Ігор

[1] Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028
[2] Відокремлений структурний підрозділ Рівненський автотранспортний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Відінська, 35, Рівне, 33018

The rapid growth of electric vehicles all over the world, and in Ukraine in particular, caused the need to develop a clear algorithm for the operation of this type of transport to ensure maximum energy efficiency. The purpose of this study is to analyze the main indicators of an electric vehicle that affect the efficiency of its energy use.

Keywords: electric vehicles, energy efficiency, perating conditions, induction sorting, eddy current separator.

Теперішній світ стрімко переформовується до основних викликів, що постають перед ним. Так відбувається у сфері автомобільного транспорту. Високі вимоги до викидів CO_2 при експлуатації автомобілів, призвели до перегляду дещо забутих досліджень в сфері електрорушія для автомобіля у всіх його можливих варіантах та комбінаціях. Великі інвестиції в дані дослідження призвели до появи великої кількості електромобілів, що певною мірою дозволило по іншому поглянути на автомобілі з ДВЗ. На сьогодні сегмент ринку електромобілів налічує декілька десятків моделей. Цінова політика певною мірою залежить від бренду, комфорту але найбільшим показником вартості є запас ходу автомобіля. В даному дослідженні наводиться аналіз основних показників експлуатації автомобіля, що забезпечують його ефективне енерговикористання.

Існує ряд досліджень, які прогнозують ступінь використання енергії при експлуатації електромобіля та досліджують взаємозв’язок між моделями водіння електромобілів та їх споживанням енергії. Автор [1] у своєму дослідженні використав методику, яка включала збір даних відстеження в реальному світі, розрахунок параметрів моделі водіння, а також оцінку кореляції зі споживанням енергії.

Хоча більшість кореляцій були досить малими, найбільші кореляції були виявлені для комбінованих параметрів швидкості та прискорення. Результати є цінними для аналізу поведінки водіння та розробки моделей споживання автомобіля. Це дослідження може дати поради щодо вибору відповідних цільових параметрів для розвитку циклу водіння. Система рекуперації енергії електромобіля від гальмування призводить до значної економії енергії та зменшує вплив більшості параметрів схеми водіння та споживання енергії.

Також колективом авторів [2], представлено результати тестової кампанії, проведеної на акумуляторному електричному міському автомобілі, який пройшов випробування за Новим європейським циклом водіння (NEDC), поточною версією Всесвітнього циклу випробувань легких транспортних засобів (WLTC), Всесвітнім циклом випробування викидів мотоциклів (WMTC) і процедурі випробування мобільного кондиціонування повітря (MAC). Випробування проводяться при різних температурах навколишнього середовища (а саме +23 °C і -7 °C) з використанням системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря і без неї. Результати показують, що споживання енергії цим транспортним засобом коливається приблизно від 130 до 190 Вт-год/км при +23 °C і від 140 до 270 Вт-год/км при -7 °C, залежно від циклу та режиму роботи. Потреба в енергії значно різняться в залежності від зміни температури. Дані тесту

показують значну зміну запасу ходу від 62 до 128 км, та втрати енергії від 43% до 90%, залежно від умов тестування.

Також слід зазначити, що зростаючий попит на електричні транспортні засоби у транспортній галузі, особливо електричні вантажівки, призвів до збільшення кількості досліджень ефективності споживання енергії комерційними транспортними засобами. У роботі [3] досліджено середнє споживання енергії з точки зору впливу різних типів трансмісії в моделях транспортних засобів, що розглядають три маршрути, а також проаналізовано вплив кількості передач на споживання енергії для кожного типу трансмісії.

Визначено оптимальну конструкцію з точки зору типу трансмісії, кількості передач, характеристик автомобіля та комплектації. Наведені дослідження циклів водіння, дані про дорожнє навантаження муніципальних, міжміських і регіональних територій, які експлуатуються великовантажними автомобілями, за допомогою програмного забезпечення. Основною мета дослідження [3] це вплив від використання різних варіантів трансмісії на споживання енергії важкими комерційними електричними транспортними. В результаті досліджено залежність споживання енергії від використання різних типів трансміссії. Таким чином, оптимальна конструкція визначена як тришвидкісний електричний привід з точки зору продуктивності та енергоспоживання.

Багаторежимний електричний привід має переваги з точки зору керованості, забезпечуючи плавне водіння та перемикання передач без переривання крутного моменту порівняно з багатошвидкісними приводами, оскільки вони мають можливість перемикання під навантаженням. Можна зробити висновок, що багаторежимні приводи є кращими для отримання високоякісної керованості вантжного електромобіля.

Беручи до уваги вище наведене для досягнення оптимальної енергоефективності слід дотримуватися основних етапів, що відображені в рис.1.

Рис. 1. Принцип реалізації енергоефективності експлуатації електромобіля

Отож, аналіз існуючих досліджень в сфері ефективності використанння енергії електромобіля показав, що на данй час не запропонована загальна методика чи алгоритм експлуатації такого виду транспорту з точки зору енергоефективності. Насиченість автомобільного парку країни електромобілями відбувається дуже стрімко. Беручи до уваги той факт, що переважаюча більшість це транспортні засоби вторинного ринку та назріває необхідніть в подальшому розроблення методики ефективної експлуатації електромобілів, що максимально буде адаптованою до експлуатаційних умов нашого регіону.

1. Andreas Brauna, Wolfgang Rid. The influence of driving patterns on energy consumption in electric car driving and the role of regenerative braking. 19th EURO Working Group on Transportation Meeting, EWGT20I6, 5-7 September 2016, Istanbul, Turkey. P.174-182.

2. De Gennaro, M., Paffumi, E., Martini, G., Manfredi, U. et al.. "Experimental Investigation of the Energy Efficiency of an Electric Vehicle in Different Driving Conditions." SAE Technical Paper 2014-01-1817, 2014, doi:10.4271/2014-01 -1817.

3. Yililirim, M.; Kurt, S. Effect of Different Types of Electric Drive Units on the Energy Consumption of Heavy Commercial Electric Vehicles. World Electr. Veh. J. 2022.13,92. https://doi.org /10.3390/wevj 13050092.

УДК 621.4: 629.113.01

REDUCING THE ERROR OF MEASURING FUEL CONSUMPTION WITH A HEAT FLOW METER BY SELECTING ITS DESIGN PARAMETERS

ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРУ ВИТРАТ ПАЛИВ ТЕПЛОВИМ ВИТРАТОМІРОМ ВИБОРОМ ЙОГО КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Ільченко Андрій, Поліщук Денис

Державний університет «Житомирська політехніка»,
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005

Облік витрат рідких палив на автомобільному транспорті є важливою складовою щодо аналізу та зменшення собівартості перевезень. Це стосується не лише даного виду транспорту, але й інших видів, де використовуються двигуни внутрішнього згорання, а також стаціонарних силових установок, які працюють на рідких паливах. Облік пов'язаний з розробкою і впровадженням витратомірів палив, в тому числі теплових. Доведено, що для використання на транспорті, кращими є теплові витратоміри [1, 2]. Сучасні теплові витратоміри сьогодні ще потребують науково-технічних рішень щодо зменшення похибок та підвищення швикодії вимірювань витрат палив в усіх можливих швидкісних та навантажувальних режимах роботи двигунів внутрішнього згорання.

На кафедрах автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій та автомобілів і транспортних технологій Державного університету «Житомирська політехніка» розроблено декілька високоточних термоанемометричних витратомірів з комп'ютерною обробкою результатів вимірювання та проводяться дослідження їх характеристик. Розробляються рекомендації щодо підвищення точності вимірювання витрат палив такими витратомірами за рахунок удосконалення їх конструктивних параметрів.

Доведено, що зменшення похибки виміру витрат рідких палив можна досягти урахуванням впливу конструктивних параметрів теплового витратоміра: діаметра трубки, діаметра нагрівача, матеріалу трубки.

Для визначення швидкості руху палива аналізують розподіл температур вздовж осі трубки витратоміра. В трубках теплових витратомірів визначають передачу тепла в осьовому напрямку. Але, тепло також передається і в радіальному напрямку. При цьому такі передачі тепла є взаємопо'язаними та впливають одна на одну. Цей вплив повинен бути обов'язково врахований.

Радіальний тепловий потік в трубці витратоміра з циліндричною стінкою (лінійна густина теплового потоку) дорівнюватиме, Вт/м [1, 2]:

$$g_1 = \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} \times \frac{\lambda_2 \lambda_1}{\lambda_2 + \lambda_1} \times (t_1 - t_2), \qquad (1)$$

де d_1 – діаметр нагрівача, м;

d_2 – зовнішній діаметр трубки витратоміра, м.

t_1 – температура нагрівача, ºК;

t_2 – температура зовнішньої поверхні трубки витратоміра (температура навколишнього середовища, якщо відсутня теплоізоляція трубки), ºК;

λ_1, λ_2 – коефіцієнти теплопровідності палива та матеріалу трубки витратоміра, Вт/(м·К).

В перший дріб (1) входять конструктивні параметри трубки витратоміра (зовнішній діаметр d_2 та діаметр нагрівача d_1), його називають конструктивним коефіцієнтом трубки теплового витратоміра [1, 2], з аналізу якого можна зробити висновок, що на радіальний тепловий потік g_1 не впливає діаметр трубки теплового витратоміра, якщо:

$$\frac{d_2}{d_1} = e^{2\pi} \approx 534 \qquad (2)$$

З (2) неважко встановити, що радіальний тепловий потік теплового витратоміра з циліндричною стінкою (лінійна густина теплового потоку) не залежить від товщини стінки трубки витратоміра. Він суттєво зменшується зі збільшенням d_2/d_1. Таким чином, для зменшення впливу радіального теплового потоку в тепловому витратомірі на осьовий тепловий потік (зменшення похибки виміру витрати палива) необхідно зменшувати діаметр нагрівача та збільшувати діаметр трубки теплового витратоміра.

Забезпечити відношення $d_2/d_1=534$ з конструктивних міркувань не завжди представляється зручним для використання на транспорті. В даному випадку краще рекомендувати максимально тонкий дротовий нагрівач розташований вздовж осі трубки витратоміра.

Другий дріб в (1) характеризує радіальну теплопровідність трубки витратоміра і називається коефіцієнтом радіальної теплопровідності трубки теплового витратоміра [1, 2]. Неважко встановити, що на його величину більше впливає теплопровідність матеріалу трубки ніж теплопровідність палив, оскільки величина цих теплопровідностей може відрізнятися на декілька порядків.

З довідкової літератури неважко встановити, що середнє значення теплопровідності палив дорівнює 0,11 Вт/(м·К). Якщо в якості матеріалу трубки теплового витратоміра використовується, наприклад, ебоніт (0,16 Вт/(м·К)), коефіцієнт радіальної теплопровідності трубки теплового витратоміра дорівнює 0,0652. А якщо використати трубку з відносно високою теплопровідністю (монель (14,9 Вт/(м·К)), коефіцієнт радіальної теплопровідності трубки теплового витратоміра збільшиться до 0,1092. Сплав металів 95% Al + 3-5% Cu + 0,5% Mg (181 Вт/(м·К)) дасть ще незначне збільшення коефіцієнта радіальної теплопровідності трубки теплового витратоміра до 0,1099.

Щоб повністю виключити вплив теплопровідності матеріалу трубки теплового витратоміра на радіальний тепловий потік (на похибку вимірювань витрат нафтових палив), необхідно знайти таке значення коефіцієнта теплопровідності матеріалу трубки, при якому коефіцієнт її радіальної теплопровідності дорівнює одиниці. Розрахунки показують, що це можливо лише теоретично, оскільки таких матеріалів в природі не існує, тобто повне усунення радіальної передачі тепла за рахунок вибору матеріалу трубки неможливе. В тому числі використання зовнішньої теплової ізоляції трубки не може звести до нуля радіальний тепловий потік, оскільки температура нагрівача завжди більша за температуру навколишнього середовища (температуру ізоляції).

Виключити сумісний вплив конструктивного коефіцієнта і коефіцієнта радіальної теплопровідності трубки теплового витратоміра на радіальний тепловий потік в процесі вимірювання витрат нафтових палив можна спробувати, прирівнявши їх добуток до одиниці та розрахувати найкраще відношення d_2/d_1 за умови найменшого їх сумісного впливу та впливу теплопровідності трубки на радіальний тепловий потік (похибку вимірювання витрат). Результати таких розрахунків для деяких матеріалів трубки теплового витратоміра, в тому числі гіпотетичних (маються на увазі матеріали з припустимою теплопровідністю), наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вибір геометричних параметрів та матеріалу трубки теплового витратоміра

Матеріал трубки витратоміра	Теплопровідність, Вт/(м·К)	d_2/d_1
Ебоніт	0,16	1,507
Фторопласт Ф-5	0,25	1,62
Монель	14,9	1,99
Гіпотетичні матеріали № 1	50	1,99
	100	1,99
95% Al + 3-5% Cu + 0,5% Mg	181	1,99
Гіпотетичні матеріали № 2	250	1,99
	300	1,99

Для зменшення впливу радіального теплового потоку на осьовий тепловий потік (і таким чином на похибку вимірювання витрат палив) необхідно обирати такі конструктивні параметри трубки теплового витратоміра (матеріал та діаметр трубки, діаметр нагрівача), щоб відношення вказаних діаметрів відповідало матеріалу трубки теплового витратоміра.

Встановлено, що відношення d_2/d_1 для матеріалів з коефіцієнтом теплопровідності 0,16 …12 Вт/(м·К) повинне знаходитися в межах 0,507…1,984. Це дасть зменшення впливу радіального теплового потоку на осьовий і, відповідно, зменшення похибки виміру витрат палив. В залежності від значень коефіцієнтів теплопровідності матеріалу трубки теплового витратоміра вони повинні змінюватися за отриманими формулами (табл. 2).

Таблиця 2

Зміна відношення d_2/d_1 від теплопровідності матеріалу трубки теплового витратоміра (за умови зменшення впливу його радіального теплового потоку на осьовий тепловий потік)

Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Залежність (значення)	Достовірність опроксимації R^2
0,16…6	$d_2/d_1 = 0{,}1182\ln(\lambda_2) + 1{,}7959$	0,9
6…12	$d_2/d_1 = 0{,}0028\,\lambda_2 + 1{,}954$	0,95
>12	$d_2/d_1 = 1{,}99$	-

Висновок: Отримано залежності відношення діаметра трубки до діаметра нагрівача теплового витратоміра для матеріалів трубки різної теплопровідності. Вони дозволяють зменшити вплив радіального теплового потоку на осьовий і показують яким чином для зменшення похибки виміру витрат палив, внаслідок зменшення впливу радіального теплового потоку в тепловому витратомірі на осьовий тепловий потік, необхідно обирати діаметр нагрівача та діаметр трубки теплового витратоміра в залежності від обраного матеріалу трубки витратоміра (або навпаки, в залежності від співвідношення вказаних діаметрів рекомендувати матеріал трубки витратоміра за теплопровідністю).

1. Bezvesilna, O. Heat transfer in the thermo-anemometric flowmeter for biofuels / Bezvesilna, O., Kamiński, M., Ilchenko, A. // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017, 550, стр. 505–511.

2. Ільченко А. В. Зміна радіального теплового потоку термоанемометричного витратоміра біопалив двигуна внутрішнього згоряння [Текст] / А. В. Ільченко, О. М. Безвесільна, Ю. В. Тростенюк // Вісник НТУ. – 2013. – № 28. – С. 186-191.

УДК 629.113.001

MODELING THE BATTERY CAPACITY FOR THE ELECTRIC DRIVE TRACTION AND POWER RESERVE OF THE OFF-ROAD VEHICLE

ФОРМУВАННЯ ЄМНОСТІ БАТАРЕЙ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТА ЗАПАСУ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ ДЛЯ БЕЗДОРІЖЖЯ

Кіхтан Андрій, Крайник Любомир

Львівський національний університет природокористування
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни Львівської обл., 80381

Сучасні кросовери з електро- та гібридним приводом допускають нетривалий рух дорогами без твердого покриття, але загалом не проектувались і не призначені для експлуатації в умовах бездоріжжя, як от військові чи аграрні колісні машини. У процесі поточного переходу армій НАТО на нове покоління військової автотехніки (ВАТ) практично у всіх класах реалізовані модифікації з гібридним приводом, що забезпечують тривалий режим руху на електротязі при вимкненому двигуні внутрішнього згоряння [1,2]. Основним чинником цього є насамперед різке зниження можливостей локації руху машин тепловізорами противника, що обумовлює застосування іншої схеми приводу, ніж у масових автомобілях категорій M1/N1 [3]. Зокрема це так зв. схема послідовного приводу з тяговим електродвигуном, що забезпечує максимальну швидкість руху, а двигун внутрішнього згоряння працює виключно на електрогенератор. Практично тяговий електропривід такої схеми є ідентичним і для батарейних електромобілів, однак у гібридного приводу, окрім зовнішнього заряджання акумуляторів, є і автономна система «двигун-генератор», що дозволяє ефективне використання автомобіля і в умовах відсутності зовнішніх енергомереж та обмежує запас ходу тільки об’ємом паливного баку двигуна.

Значно вища енергозатратність руху бездоріжжям обумовлює і відповідне корегування визначення – прогностичної оцінки автономного запасу ходу на електротязі, що для гібридних і електроавтомобілів загального призначення регламентована тільки для асфальтобетонної дороги I категорії [4]. Різнотипність бездоріжжя, як опорної поверхні (ОП) коліс, та визначальний вплив конкретного вмісту вологи в ОП формують великий діапазон можливих значень коефіцієнту сумарного опору руху колеса навіть для певного, конкретного типу ОП, на що додатково впливають і характеристики шини та її навантаження (глибина та ширина колії на ОП, що деформуються) [5]. Відповідна енергозатратність руху на електро-приводі (кВт.год/100 км) при заданому значенні регламентованого запасу ходу (для ВАТ – звично 15-25 км бездоріжжя [1]) і є основою для визначення необхідної ємності акумуляторних батарей (+10-15% запасу з умов ресурсу та поступового зниження реальної ємності за час 3-5 річної експлуатації). У свою чергу визначена ємність батарей та опосередковані значення відбору потужності тяговим електродвигуном підчас руху бездоріжжям є основою для визначення необхідних характеристик системи «двигун внутрішнього згоряння – генератор» з умов стабільної підтримки енергобалансу «батарея – тяговий електродвигун».

Багатофакторність задачі умов руху бездоріжжям у поєднанні з різними можливими швидкісними режимами при формуванні необхідної ємності акумуляторних батарей/ запасу ходу обумовлюють доцільність використання методів планування експерименту (методу Бокса-Уїллсона), ефективність чого підтверджена і експериментально у інших дослідженнях в сфері автомобілебудування [6]. Очевидно, що складність коректної експериментальної оцінки підтвердження певного/заданого запасу ходу бездоріжжям (фактична нереальність цілорічного утримання випробувальних ділянок ОП, що деформуються, з стабільною вологістю і щільністю грунту) зумовлюють проведення відповідних приймальних

випробувань на звичній автодорозі І категорії при певних фіксованих швидкостях руху, характерних для сфери використання цих авто, та наступною оцінкою реалій зміни запасу ходу на конкретному типі і стану бездоріжжя. Враховуючи розмаїття типів та станів бездоріжжя як ОП , а також суб'єктивну візуальну оцінку стану ОП в реальних умовах, для кількісної оцінки відповідного запасу ходу доцільно використати 2-факторне планування експерименту на 3-х рівнях – з умови очевидних нелінійних залежностей енергозатратності руху/запасу ходу від швидкості та сумарного опору руху (власне типу і стану ОП). Відповідно доцільно діапазон зміни характеристик опору руху ОП та швидкостей визначити від асфальтобетону до сухої піщаної поверхні, еквівалентної у цьому плані розмоклому, пластичному грунтовому бездоріжжю та глибокому злежалому снігу висотою понад 15-30 см на твердій, замерзлій поверхні. Проміжним рівнем (для нелінійної матриці планування експерименту) з точки зору формування коефіцієнту опору рухові коліс є мокра (після дощу) ґрунтова дорога / мокра піщана/супіщана ОП. Діапазон швидкостей, беручи до уваги реалії бездоріжжя і досягнуту мобільність сучасного покоління машин підвищеної прохідності, у межах 20 – 60 км/год. Відповідні рівні варіювання вищезазначених факторів у натуральних та кодованих значеннях для матриці ортогонального планування експерименту [6] представлено у табл.1.

Таблиця 1

Рівні варіювання факторів – умов руху для оцінки запасу ходу на електротязі

Рівні досліджуваних факторів	Кодоване значення	Коефіцієнт опору руху	Швидкість, км/год
Верхній	+1	0,29	60
Базовий	0	0,15	40
Нижній	- 1	0,01	20

Проведення натурного експерименту для декількох комбінацій вищезазначених факторів дозволяє провести оцінку адекватності і для більш повного (9 комбінацій значень факторів) імітаційного моделюваня і оцінки енергозатратності руху в програмному середовищі Matlab Simulink [7] та отримати відповідні регресій ні залежності – оцінки впливу зміни типу і стану ОП та швидкості руху на запас ходу/ енергозатратність руху.

1. Gisbrecht J. Feasibility of Hybrid Diesel-Electric Powerttrans for Light Tactical Vehicles/Defency Reserard and Development Canada DRDC-2018 – D049, June 2018. – 21p.https;//cradpdf.drdc.ca>PDF>uk319

2. Army hybrid vehicles power forward/ www.army.mod.uk>news.2121/077 army

3. Крайник Л. Кіхтан А. Гібридний привід автомобіля для бездоріжжя / Матеріали Х-ї МНТК «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», Вінниця, 24-26.04.2022р.,ВНТУ – С.175 -177

4. Правила ЄЕК ООН № 101.Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження легкових автомобілів, що рухаються тільки двигуном внутрішнього згоряння або за допомогою гібридного приводу, стосовно вимірювання об'єму викидів двоокису вуглецю і витрати палива і/або витрати електроенергії і запасу ходу на електротязі, а також транспортних засобів категорії М1 і N1, що рухаються тільки за рахунок електроприводу, стосовно вимірювання витрати електроенергії і запасу ходу на електротязі.

5. Wong Y.J. Theory of Ground Vehicle / Mc-Graw Hill Book Comp., London – New-York, 1993. 423 p.

6. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Багатофакторна оцінка та нормування паливної економічності вантажних автомобілів: монографія / Вид. АСВ, Львів, 2010. – 117 с.

7. Грубель М.Г., Крайник Л.В., Хома В.В. Імітаційне моделювання руху колісної військової автомобільної техніки бездоріжжям та оцінка його адекватності / Автошляховик України, № 2 (262), 2020 – С. 21-29

УДК 621.5

INCREASE OF RELIABILITY OF BRAKE COMPRESSORS OF TYPE OF ЗИЛ 130

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ КОМПРЕСОРІВ ТИПУ ЗИЛ 130

Коваленко Віталій, Клименко Олександр, Крамчанін Ірина

Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

Двоциліндрові пневматичні поршневі компресори типу ЗИЛ 130 є основними агрегатами повітропостачання пневматичної і гальмівної систем вантажних автомобілів ЗИЛ 130, тракторів Т150, К700, які знайшли широке розповсюдження в сільському господарстві України та за її межами. Від надійної роботи компресорів в значній мірі залежить безпека дорожнього руху та ефективність функціонування навісного і причіпного обладнання автотракторного парку.

Очевидно, що надійність та продуктивність компресорів поршневого типу в значній мірі залежить від інтенсивності зношування основних елементів циліндро-поршневої та шатунно-поршневої груп, а саме пар тертя: робоча поверхня втулки циліндра-робоча поверхня поршневих компресійних кілець; робоча поверхня шатунної шийки колінчастого валу-робоча поверхня шатунних вкладишів; робоча поверхня втулки пальця шатуна-робоча поверхня пальця шатуна.

В практиці ремонту компресорів, наприклад, для відновлення герметичності камери стиску вдаються до розточування циліндрових втулок та заміні зношених компресійних кілець на нові відповідного ремонтного розміру з подальшим процесом припрацювання пар тертя, що призводить до збільшення трудомісткості і вартості ремонтів за життєвий цикл пневматичного агрегата.

Аналіз досліджень показує, що коефіцієнт тертя є універсальною характеристикою тертя і визначає швидкість зношування деталей на 55 - 60 %. Інша частина зниження інтенсивності зношування залежить від таких факторів як зниження шорсткості тертьових поверхонь, кращого втримання мастильного матеріалу, кращого захисту поверхні тертя від окислювання й проникнення водню й ін.

Перспективним напрямком зменшення тертя циліндро-поршневої групи компресорів типу ЗИЛ 130 є застосування методу епіламування робочих поверхонь циліндрових втулок, поршневих кілець, шатунних шийок колінчастого валу та пальців шатунів, наприклад, при виконанні поточного ремонту.

Епіламування – спосіб остифікулотного оброблення поверхонь деталей, який полягає у використанні технології нанесення плівок епіламу, що представляють розчини складних поліефірів (перфторполиефірів) карбонових кислот у легкколетючих хладонах на робочі поверхні деталей пар тертя.

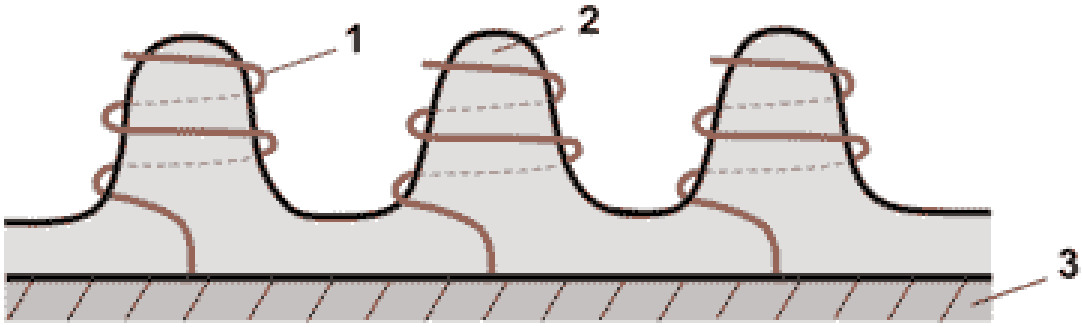
Епіламування забезпечує:

а) значне зменшення коефіцієнта тертя до 2,5 разів;

б) зменшення шорсткості поверхні за рахунок плівки епіламу, нанесеної на поверхню, яка заповнює мікрозападини й мікронерівності, формуючи тим найкращу для умов тертя шорсткість;

в) утримання мастильного матеріалу на поверхнях тертя, яке відбувається за рахунок того, що при епіламуванні формується шар орієнтованих молекул радикально змінюючий енергетичні впливи, поверхні твердого тіла.

Молекули ПАР (поверхнево-активної речовини), утворюють структури Ленгмюра у вигляді спіралей з нормально спрямованими до поверхні матеріалу осями (рис.1). В результаті адсорбції ланцюг полімеру складається з ділянок, які безпосередньо контактують з поверхнею і витягнутих у простір петель і хвостів. На рис.1 видні хвости, витягнуті в простір, що утворюють петлі 1, які втримують мастильний матеріал 2, що значно зменшує інтенсивність зношення поверхонь деталей у парах тертя.



1 – молекули ПАР у вигляді спіралей; 2 – змащувальне середовище;
3 – поверхня твердого тіла

Рис. 1. Фрагмент структури Ленгмюра на поверхні твердого тіла обробленого епіламом

Таким чином, застосування методу епіламування, при виконанні поточних ремонтів дозволить зменшити інтенсивність зношення робочих поверхонь втулок циліндрів, компресійних кілець, шатунних шийок та поршневих пальців компресорів типу ЗИЛ 130, що в цілому, призведе до збільшення їх надійності та зниження експлуатаційних витрат.

1. Potekha V.L. The application of epilamen composition for improvement of tribologikal characteristics of material surface layers. In. Proceed. Of INTERTRIBO-90, Ceskoslovensko, 1990. 104 p.

2. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей ЗИЛ 130, ЗИЛ 131 и ЗИЛ 431410 и их модификаций с бензиновыми и дизельными двигателями – М.: Третий Рим, 2004. – 270 с.

3. Лисіков, Є.М. Підвищення темпу інженерних робіт при виконанні службово-бойових завдань ВВ МВС України шляхом модернізації гідроприводу машин інженерного озброєння. Зб. наук. праць. АВВ МВС України. Харків, 2010. Вип. 2. С. 19-22.

УДК: 629.3.017

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE FLEET OF OFF-ROAD VEHICLES WITH INCREASED AND HIGH CROSS-COUNTRY ABILITY IN THE USA AND THE EUROPEAN UNION

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПАРКУ ПОЗАШЛЯХОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ І ВИСОКОЇ ПРОХІДНОСТІ В США І КРАЇНАХ ЄС.

Кохан Василь

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, 79026

Since 1930, a new era of automotive development began in Europe and the USA - the era of cars with increased and high cross-country ability. After 100 years, the technical and operational requirements for cars have changed significantly, the requirements for mobility, passability, reliability, safety and economy have increased. With the development of society and their whims, the automotive industry develops. Cars with increased and high cross-country ability are used both for civilian purposes (transportation, travel, operation and reconnaissance in difficult terrain, sports) and for military needs (tasks). The development of new technical solutions and ideas has a significant impact on the transition of cars with increased and high cross-country ability to a new generation.

Автомобільний транспортний засіб є значною часткою у логістиці будь-яких галузей господарського діяльності (комплексу) в США і країнах ЄС. Галузь транспорту продукує лише послуги - на перевезення різноманітних вантажів, пасажирів- цивільного призначення а також у військовій сфері - згідно завдання, технічної характеристики і будови ходової частини. Конструкції автомобілів безперервно удосконалюються. Тенденції розвитку конструкцій автомобілів обумовлені як військовими, економічними, так і соціальними причинамм і факторами. Економічні причини визначають тенденцію підвищення паливної економічності як легкових, так і вантажних автомобілів, що в даний час стало одним з провідних напрямів сучасного автобудування. Соціальними причинами обумовлена тенденція підвищення безпеки автомобілів, військовий — допоміжний фактор у виконання (досягненні) заданих цілей на полі бою. Слід також відзначити тенденцію автоматизації управління автомобілем, яка забезпечується сучасними засобами електронної, мікропроцесорної техніки і направлена на підвищення паливної економічності і динаміки автомобіля (управління двигуном і трансмісією), активної безпеки (управління гальмівною системою), комфортабельності (управління підвіскою і ін.).

Транспортні засоби, якими можна керувати по бездоріжжю та в складних умовах, називаються позашляховиками. Зазвичай такі транспортні засоби використовуються для дослідження територій, де немає гудронованих доріг. Використання транспортних засобів більшої потужності та більшого кліренсу дає змогу дістатися до стежок і лісових доріг із низьким зчепленням і нерівним покриттям. Крім того, транспортні засоби, які використовуються в будівельній галузі та для сільського господарства, є позашляховиками. Серед усіх галузей будівельна галузь займала помітну частку ринку позашляховиків.

На світовому ринку позашляховиків домінують кілька ключових гравців, оскільки планування, проектування, виробництво та складання позашляховиків вимагає значних капіталовкладень, високої точності під час виготовлення компонентів, що вимагає технічної експертизи та є дорогим. Усі гравці, що працюють на ринку позашляховиків, мають великі виробничі бази та працюють у різних місцях по всьому світу. Основні гравці, що працюють на світовому ринку позашляховиків, включають Caterpillar Inc., Deere & Company, KUBOTA

Corporation, Escorts Limited, YANMAR CO., LTD., CLAAS KGaA mbH, Mahindra & Mahindra Ltd., Hitachi, Ltd., SAME DEUTZ - FAHR Italia SpA, AGCO Corporation, AB Volvo, Doosan Infracore, BELL Equipment., Liebherr- International AG, Komatsu America Corp., CNH Industrial America LLC, ALLU Finland Oy, Manitowoc, і Terex Corporation.

Транспортні засоби, якими можна керувати по пересіченій місцевості та важких умовах, називаються автомобілями підвищеної прохідності. Здебільшого вони мають величезні шини з адаптованою підвіскою та відкритими, глибокими коліями. Основне використання таких транспортних засобів - для розвідки в складних за природою рельєфом зон. Використання транспортних засобів більшої потужності та більшої свободи дає змогу проїжджати на стежки складної місцевості, які мають низьку опору та низький коофіцієнт поверхневого зчеплення.

Історія появи автомобілями підвищеної прохідності в США відбулась на початку 1940 року, коли для американської армії було спроектовано легкий командно - розвідувальний автомобіль з колісною формулою 4х4. Виробниками стали дві компанії, American Bantam і Willys-Overland Motors, до них пізніше долучився авто- концерн Ford.

У 2017 році обсяг ринку позашляховиків у США оцінювався приблизно в 9 мільярдів доларів США, і, за оцінками, з 2018 по 2024 рік він матиме понад 5% CAGR (Складений річний темп зростання). Причиною є збільшення участі населення США у активному відпочинку на свіжому повітрі збільшить частку галузі протягом прогнозованого періоду. За даними Outdoor Foundation Organisation (OFO), у 2016 році населення, яке бере участь у активному відпочинку на природі, зросло приблизно на 2 мільйони порівняно з 2015 роком. Крім того, збільшення залучення до розважальних заходів, таких як полювання, сприятиме зростанню попиту на продукцію. Наприклад, за даними Організації зовнішньої промисловості (OIO), у 2016 році середня кількість виїздів на людину досягла 82 у порівнянні з 77 виходами у 2016 році. Крім того, збільшення дискреційних витрат на активний відпочинок на свіжому повітрі позитивно вплине на розмір ринку позашляховиків у США протягом періоду дослідження.

Постійне впровадження передових технологій, таких як незалежна задня підвіска, автоматичний DCT, технологія амортизації та система електронного впорскування палива (EFI), для покращення досвіду споживачів сприятиме прийняттю продукту. Крім того, учасники індустрії впроваджують інноваційний ландшафт продукції, щоб зменшити генерацію звуку в зонах з обмеженим шумом. Поточні інновації створять значний потенціал на ринку позашляховиків у США [1].

У 2017 році частка SSV на ринку позашляховиків у США становила понад 50% завдяки чудовим характеристикам безпеки. Наявність ковшових сидінь і каркаса безпеки знижує смертність і травматизм. SSV (Side-by-Side Vehicles) може вмістити кількох пасажирів і запропонувати більше простору для перевезення вантажів. Крім того, гравці галузі, включаючи Arctic Cat, Polaris Industries і Textron, встановлюють такі компоненти, як опорні пластини, щоб збільшити кліренс і несучу здатність. Застосування компонентів для покращення характеристик автомобіля забезпечить його домінування на ринку протягом прогнозованого періоду.

Utility лідирує на ринку позашляховиків у США з високим рівнем застосування ORV для таких видів діяльності, як розкид сільськогосподарських культур, перевезення товарів Гравці галузі оновлюють портфоліо комунальних продуктів завдяки чудовій продуктивності. Наприклад, у липні 2018 року Polaris оголосила про оновлення Polaris RANGER XP для підвищення місткості для сидіння та вантажопідйомності. Підвищення продуктивності продукту збільшить проникнення в сегмент протягом періоду дослідження.

Основні учасники ринку позашляховиків у США включають Arctic Cat Inc, Bombardier Recreational Products, Honda Motors, Kawasaki Motors Corporation, Polaris Industries і Yamaha Motor Corporation. Серед інших ключових гравців – Massimo Motors, Caterpillar, KTM AG, Hisun Motors, KYMCO та BMS Motorsports [1].

Розмір ринку позашляховиків підвищеної і високої прохідності у США набирає обертів завдяки укладеним контрактам з Міністерством Оборони «Програма розвитку парку тактичних автомобілів Армії США (Army Tactical Wheeled Vehicles (TWV) Strategy)» [2], що значно розширило область використання (експлуатації) позашляховиків підвищеної і високої прохідності.

В середині 1930-1934-х рр., почалась нова історія машинобудування і була вона затверджена в програмі моторизації Збройних сил Германії. Автопромисловість спрямовала свої зусилля на розробку вантажних автомобілів підвищеної прохідності трьох видів тонажності: легкі тактичні (до 1,5 т), середньо тактичні (до 3 т) і важкі тактичні вантажівки (від 5 до 10 т). Основними виробниками у Європі стали компанії Daimler-Benz, Bussing і Magirus, які впровадили між собою використання стандартизації основних агрегатів.

Окремо автомобільним заводам надійшла заявка від Вермахту на виробництво автомобілів з підвищеною прохідності для командування Вермахту і підрозділів військової розвідки. Заводами-виробниками стали: BMW, Daimler-Benz, Ford, Hanomag, Horch, Opel, Stoewer і Wanderer.

Випробування Kubelwagen, автомобіля підвищеної прохідності, показали, що його технічно-експлуатаційні показники перевершили всі інші легкові автомобілі.

Сучасній Європі провідними автовиробниками автомобілів підвищеної і високої прохідності є: Німеччини (Daimler AG, Volkswagen Group, BMW Group, Porsche AG), Франції (PSA (Peugeot Citroлn) та Renault), Італії (Fiat Auto) та Швеції (Volvo Car AB).

"На початку 2020 на світовому ринку продажі авто типу CUV (Crossover utility vehicle) — автомобіль підвищеної прохідності з високим кліренсом, у виконанні кузова універсал (наприклад, Toyota RAV4 і Honda CR-V)- займали 40%, тоді як у Європі переважали продажі авто типу SUV (Sport utility vehicle) — практичний спортивний автомобіль, головна відмінність від позашляховиків — відсутність підвищеної прохідності (наприклад, Volkswagen Touareg та Audi Q5) - досягаючи 38% " [1].

А також, відбулось заміна парку автомобілів підвищеної і високої прохідності у Збройних силах країн НАТО, що підштовхнуло автовиробників до пошуків нових технічних рішень в авто промисловості.

Таким чином, у 2021 році кілька великих автовиробників США і Європи оголосили про плани прискорити перехід до повністю електричного майбутнього шляхом розробки нових продуктових ліній, а також перетворення існуючих виробничих потужностей. [3].

Однією із головних рішень це створення гібридних трансмісій (ДВЗ плюс електродвигун з АКБ), що можуть забезпечити економію у пальному до 35 % у порівнянні з аналогічними засобами Такі автомобілі стали популярними в багатьох країнах Європи як у цивільних, так і у силових структурах Міністерства внутрішніх справ та Міністерства оборони країн Європи і США.

Через суттєві зміни в економіці країн Європи та США за останні роки, виробники автомобілів підвищеної і високої прохідності поступово розробляють бізнес-стратегії, в яких розглядають електрифікацію не лише як спосіб дотримання політичних норм або відповіді на державні стимули, але й як можливість захопити частку ринку та зберегти конкурентну перевагу. Заглядаючи вперед, можна очікувати дедалі агресивнішого ціноутворення та розробки ширшого асортименту моделей автомобілів підвищеної і високої прохідності.

1. U.S. Off-Road Vehicles Market Size By Vehicle (ATV, SSV/UTV, Off-Road Motorcycles, Snowmobiles), By Application (Utility, Sports, Recreation, Military), Industry Analysis Report, State Outlook, Growth Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2018 – 2024 URL://www.gminsights.com/industry-analysis/us-off-road-vehicles-market дата звернення 15.09. 2022).

2. Army Truck Program (Tactical Wheeled Vehicle Acquisition Strategy). Report to the Congress. – Washington. Headquarters, Department of the Army, June 2010 35 p. URL:https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA536363.pdf (дата звернення 16 09. 2022).

3. Trends in electric light-duty vehicles. Global EV Outlook 2022. URL: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-electric-light-duty-vehicles (дата звернення 17. 09. 2022).

УДК 629.114:631.372

IMPROVE OF TYPE AGRICULTURAL CARS AND TRACTORS FROM THE CONDITIONS OF EFFIECENCY AND AGROECOLOGY

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТИПАЖУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ З УМОВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА АГРОЕКОЛОГІЇ

Крайник Любомир, Сивулька Петро

Львівський національний університет природокористування
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни Львівської обл., 80381

Розпаювання колгоспів зумовило і суттєві зміни у сучасних реаліях аграрного виробництва в Україні з виділенням фактично 3-4-х домінантних організаційно-структурних форм та площ обробітку земель:

- одноосібні сімейні господарства на базі отриманих земельних паїв з невеликою часткою збуту вирощеної продукції та кооперацією аграрної техніки;
- малі та середні фермерські господарства з використанням оренди орних земель, найманої праці та власної аграрної техніки з акцентом збуту продукції. Практично аналог форм аграрного виробництва у більшості європейських країн;
- крупні агрохолдинги на базі великих орендованих площ, що значно перевищують розмірами колгоспи/ кооперативи, з парком сучасної агротехніки найбільш потужних класів та високою інтенсивністю проведення польових робіт.

Звично, що кожна з цих форм організації аграрного виробництва – рослинництва- обумовлює свої підходи і потреби щодо тракторів та автомобілів. Очевидно тільки те, що попередній, «колгоспний» типаж і структура парку машин далекий від реальних потреб вищезазначених форм господарювання, за винятком хіба що реорганізованих колгоспів у ТОВ чи кооперативи/крупні фермерські господарства. Однак і у цьому випадку теж необхідна альтернатива – заміна звичним з часів СРСР вантажівкам ГАЗ та тракторам МТЗ.

Рис.1. Сільськогосподарський КАЗ 4540[1]

Зрештою ще і в СРСР наприкінці 1980-х р.р. розпочались роботи по оновленню типажу автомобілів сільськогосподарського призначення – початок серійного виробництва фактично спеціалізованої повнопривідної КАЗ 4540 з причепом та самоскидними кузовами тристороннього розвантаження, рис.1, [1] та нового трактора ЛТЗ 155.4 [2], близького до Т150К.

Тенденція росту інтенсивності обробітку земель і поява більш продуктивної і важчої техніки зумо-вила проблему надмірного ущільнення поверхні у колії проїзду техніки та відповідного зниження родючості грунтів [3-5]. Згідно чинної нормативної бази щодо допустимих з умов агроекології тисків у контакті шини з грунтом [6.7], як показали дослідження [4], тільки 25-30% площ орних земель в Україні допускають використання на ранніх весняно-польових роботах важких колісних тракторів класу тяги 30 кН (Т-150К і зарубіжні аналоги цього класу, що набули домінуючого розповсюдження власне у крупних

агрохолдингах, на долю яких і припадає найбільша частка орних земель). Зрештою ситуація з надмірним ущільненням орних земель новим поколінням енергоефективних, але важких тракторів характерна і для країн ЄС [5]. Проблема оперативного і ефективного контролю відповідності конкретних моделей тракторів нормативним вимогам агроекології в Україні обумовлена 2 чинниками – фактично відсутністю ефективної інструментальної оцінки фізико-механічних характеристик конкретних земельних ділянок перед їхнім обробітком, а також відсутністю в технічних характеристиках відповідних тракторів/автомобілів даних щодо значення питомого тиску у контакті шин з опорною поверхнею. Останній, до речі, є стандартизованим показником для військової колісної та гусеничної техніки – так зв. ММР (Mean Maximum Pressure), що характеризує потенційну прохідність бездоріжжям конкретної моделі [8,9]. Звично, що застосування ММР щодо аграрної техніки вимагає перегляду і оцінки відповідних порогових значень уже в аспекті агроекології, а не прохідності – з врахуванням ущільнення грунту і зміни його структури [10]. Окрім цього це обумовлює і перехід на загальноприйняту у ЄС, США і інших країнах методологію оцінки фізико-механічних характеристик грунтів на базі так зв. конусного індексу CI (Cone Index) [8,9], що дозволяє оперативну оцінку аграрних угідь та відповідність конкретних зразків тракторів/автомобілів з умов агроекології.

На базі цього необхідний і перегляд, оновлення типажу та формування технічних вимог з умов агроекології до сільськогосподарської колісної та гусеничної техніки. Природно, що в основу типажу необхідно покласти і вищезазначене розмежування аграрних формоутворень, що обумовлюють різні класи машин за масо-габаритними показниками та впливом на агроекологію [10]. Зокрема у найбільш чисельних категоріях одноосібних та малих фермерських господарств, де і обмежені фінансові можливості та потреби у малих тракторах класу тяги 3-6 кН покриваються виключно за рахунок імпорту техніки, переважно з КНР, а автомобілів – імпорту, переважно вживаних, з ЄС, не призначених для експлуатації в умовах бездоріжжя і грунтових доріг. Відповідно пріоритетним на рівні держави є організація вітчизняного виробництва відповідної аграрної колісної техніки з можливістю пільгового кредитування банками України. Актуальним у цьому аспекті виглядає досвід післявоєнної Німеччини та сучасних Австрії, Швейцарії та півночі Італії, де домінують аграрні господарства власне з невеликими площами орних земель, щодо виробництва повнопривідних універсальних машин типу Унімог/ Автотрак, що поєднують в собі як функції трактора класу тяги 3-6 кН, так і вантажівки підвищеної прохідності на 0,75 -1,5 т. У середньому класі тяги 9-14 кН – для середніх та великих фермерських господарств, кооперативів - відродження виробництва уже оновленого трактора на ДП «Південьмашзавод» та підтримка існуючого виробництва аналога – “Farmer”, у т.ч. як складова державної програми імпортозаміщення з Білорусії та РФ. Щодо сільськогосподарської повнопривідної середньотонажної вантажівки з причепом (класу КАЗ 4540, рис.1), аналогічно – дороговизна машин з ЄС та неприпустимість імпорту з РФ обумовлюють економічну доцільність розвитку власного виробництва, у т.ч. і у аспекті національної безпеки – оновлення автопарку ЗС України (навзамін ГАЗ та ЗИЛ) та потреб у інших сферах економіки. Найменш проблемною ситуація є власне у розвитку власного виробництва важких машин для великих господарств – тракторів типу Т 150К (з оновленням типорозміру шин з умов агроекології [4]) та повнопривідних вантажівок повною масою більше 14- 18 т – КрАЗ. Це дозволяє констатувати наявність відповідного машинобудівного потенціалу в Україні та підтверджує доцільність та необхідність опрацювання відповідної програми розширення номенклатури і типажу вищезазначеної техніки, що актуальна і для інших сфер використання, з необхідною державною підтримкою та пільговим кредитуванням/лізингом.

1. Колхида (автомобиль) /www. ru.wikihtdia.org/wiki/>kolchida (automobile)

2. Липецкие трактора /www. ru.wikipedia.org /wiki/липецкие_трактора

3. Ксеневич И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система - почва – урожай/ Москва, Агропромиздат, 1985.- 304с.

4. Ребров О.Ю. Розподіл допустимого тиску на грунт ходових систем колісних тракторів за територією України /Вісник НТУ ХПІ .Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях», № 27 (1308), 2018. – С.110-116

5. Bolling J., Sohne W. Der Bodendruck schwerer Ackerschlepper und Fahrzeuge /Landtechnik,H.2, 1982. S.68-79

6. ДСТУ 4428:2006.Техніка сільськогосподарська мобільна. Методи визначення дії ходових систем на грунт./ Держстандарт, 2006. – 10с.

7. ДСТУ 4521:2006. Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на грунт / Держстандарт, 2006. – 9 с.

8. Wong Y.J. Theory of Ground Vehicle / Mc-Graw Hill Book Comp., London – New-York, 1993. 423 p.

9. Грубель М.Г., Крайник Л.В.,Купріненко О.М. Методологія оцінки опорної прохідності колісної військової автомобільної техніки / Озброєння та військова техніка, № 4, 2019 – С.22-31

10. Krainyk L.V., Syvulka P.M., Khudeverdian H.A., Gabriel Y.I. Agricultural Transport – the Type and Structure Formation of the Wheeled Vehicles Fleet / TEKA. Quarterly Journal of Agri-Food Industry –No1, Vol.21, 2021- p.51-58

УДК 629.332

RESEARCH OF THE STRESSED AND DEFORMED STATE OF THE METAL STRUCTURE OF AUTOMOBILE BODIES

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ

Олег Ляшук, Іван Гевко, Роман Рогатинський, Михайло Левкович, Роман Хорошун

Тернопільський національний технічний університет,
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001

Кузов вантажного автомобіля є основною частиною даного транспортного засобу, що містить низку елементів виготовлених зі сталі чи алюмінієвого листового прокату. При експлуатації цих кузовів виникають пошкодження їх рамних конструкцій (елементів) за рахунок зношування та екстремальних впливів (вм'ятини, тріщини та інші дефекти).

Відтак при проектуванні кузовів вантажних автомобілів важливим фактором є мінімізація ваги, оскільки надлишкова вага приводить до збільшення виробничих витрат, зменшення частки корисного вантажу та знижує ефективність використання палива. Згідно даної концепції зменшення ваги із забезпеченням заданої міцності ми змоделювали та проаналізували модель кузова із змінними параметрами елементів дна з допомогою CAD - моделі кузова та аналізу напружено – деформованого стану швелерів дна кузовів (виконано засобами програмного комплексу Solidworks) [1]. При дослідженні швелерів кузова було прийнято їх товщину від 3мм до 5 мм та ширину полички 50 мм. Враховуючи, що зміна товщини матеріалу призводить до зміни висоти, було отримаємо наступні розміри швелерів, які приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розміри швелера в залежності від ширини полки та товщини

Товщина швелера t, мм	Ширина полички b, мм	Висота h, мм	R, мм
3	50	160,0	3,75
4	50	163,0	3,75
5	50	165,4	3,75

Для проведення дослідження напружено – деформованого стану (НДС) було створено модель швелерів згідно таблиці 1. Побудовано сітку оболонки з використанням серединних поверхонь для моделей з глобальним розміром 30,86 мм та допуском 1,54 мм. Результати дослідження НДС швелерів приведено в табл. 2

Таблиця 2

Результати дослідження статичного напруження, переміщення та коефіцієнта запасу міцності

Товщина швелера t, мм	Ширина полки швелера b, мм	Статичне напруження, МПа	Статичне переміщення, мм	Коефіцієнт запасу міцності
3	50	266,61	1,59	0,77
4	50	199,97	1,2	1,03
5	50	151,41	0,97	1,36

Для проведення дослідження напружено-деформованого стану (НДС) дна кузова було створено CAD модель кузова. Прикладена сила на об'єкт складала P=200 кН, матеріал – сталь звичайної якості Ст3пс ГОСТ 380-88. Отримані результати подано у таблиці 3.

На основі отриманих результатів побудовано залежність статичного напруження в швелерах дна кузова вантажного автомобіля в залежності від товщини стінки швелера та товщини листа дна кузова (рис. 1) [1].

Таблиця 3

Розрахункові статичні напруження, що діють на швелера, МПа

	Товщина листа дна, мм	Позиція швелера										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Товщина стінки швелера, t=3 мм	t=3	48,7	26,5	23,9	23,0	23,7	24,0	24,2	24,3	25,3	25,1	25,6
	t=4	47,3	25,3	22,9	22,2	22,8	23,5	23,8	24,2	24,6	24,7	25,1
	t=5	45,2	24,7	22,3	21,6	22,4	23,1	23,5	23,9	24,3	24,4	24,8
	Товщина листа дна, мм	Позиція швелера										
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	t=3	26,1	26,3	26,8	27,5	28,1	28,5	29,4	30,7	31,1	31,3	27,7
	t=4	25,3	25,8	26,3	27,1	27,3	27,6	28,6	29,4	29,8	30,2	26,8
	t=5	24,9	25,4	25,8	26,5	26,7	27,1	27,9	28,7	28,9	29,4	25,8

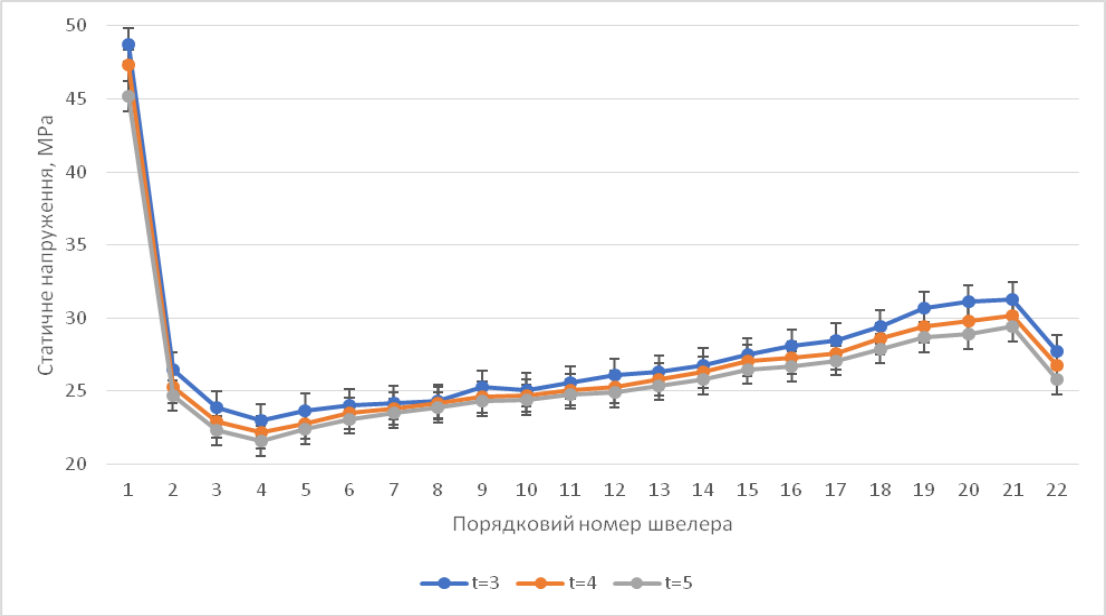


Рис. 1. Статичне напруження в швелерах дна кузова в залежності від товщини стінки швелера та товщини листа дна кузова (tшв=3 мм, tл.дна=3-5, σT=206,8 МПа)

Загалом характер зміни напружень у швелерах дна кузова напівпричепа в загальному можна описати рівнянням [1]:

$$\sigma(x) = 3\cdot 10\text{-}5x6 - 0{,}0027x5 + 0{,}0856x4 - 1{,}329x3 + 10{,}591x2 - 39{,}905x + 77{,}394.$$

Проведений аналіз кузова напівпричіпа вантажного автомобіля на основі розробленої CAD – моделі кузова дозволяє дослідити характер розподілу напружень у елементах дна кузова, встановити залежності рівня напружень та деформацій елементів дна кузова від їх товщини та товщини дна кузова, і виявити найбільш небезпечні в плані несучої здатності елементи. Отримані результати є основою для прийняття інженерних рішень з удосконалення конструкції дна кузова напівпричіпа вантажного автомобіля.

1. Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Левкович М. Г., Вовк Ю. Я., Сташків М. Я., Капський Д. В. Дослідження напружено-деформованого стану дна кузова напівпричепа вантажного автомобіля. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 1 (24). С 93-103.

УДК 621.75.01:62-272.3:629.3

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF MANUFACTURING TRUCK SUSPENSION SPRINGS BY COMBINED DEFORMATION

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕСОР ПІДВІСОК ВАНТАЖІВОК КОМІНОВАНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Макруха Тетяна

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті,
вул. Євгена Чикаленко, 3, м. Кропивницький, 25000

Сьогодні важко уявити собі автомобіль, особливо вантажний, в конструкції якого відсутні ресори. Одним із варіантів ходової частини автомобіля є підвіска з ресорами, які служать в якості пружних деталей.

У легкових автомобілях, позашляховиках і автобусах основна задача ресори забезпечувати пружність, однак, основною задачею вантажівок є транспортування вантажів великої маси, наприклад, металевих виробів, щебеню, піску, різних будівельних матеріалів тощо, а, отже, для досягнення максимальної ефективності підвіски у ресори повинні бути підвищені показники пружних властивостей, релаксаційної стійкості, міцності та інших механічних та експлуатаційних властивостей, зокрема, твердості. Отримання таких властивостей можливе при дотриманні багатьох факторів, а саме: правильний вибір матеріалу; точно проведених розрахунків; дотримання технології виготовлення.

Згідно до ГОСТ 14959-79 «Ресорно-пружинні сталі загального призначення» для виготовлення пружин та ресор використовують конструкційні сталі, які володіють характерним комплексом властивостей, найважливішою з яких є опір малим пластичним деформаціям, а саме сталі марок 65; 70; 75; 80; 85; 60Г; 65Г; 70Г; 55С2; 60С2; 60С2А; 70С3А; 60С2Г; 50ХГ; 50ХГА; 55ХГР; 50ХФА; 51ХФА; 50ХГФА; 55С2ГФ; 60С2ХА; 60С2ХФА; 65С2ВА; 60С2Н2А; 70С2ХА; 68ГА; 50ХСА; 68А; 65ГА.

Отже, довговічна безпроблемна експлуатація ресор, які використовуються для автомобільного транспорту, починається з вибору матеріалу з певним комплексом властивостей. Найбільш широко використовуються для виготовлення пружин, які працюють в циклічних умовах, вуглецеві сталі з вмістом вуглецю 0,5…0,7 % вуглецю, а необхідна твердість з вищевказаних марок сталей складає 363…444 HB (згідно з таблицями переводу твердостей, ці дані відповідають 39..42 HRC).

Технологічна схема виробництва ресор для вантажівок включає в себе 6 циклів.

Перший цикл включає в себе заготівельні операції. Основною задачею операцій цього циклу є підготовка заготовок виробу під наступну обробку. Зазвичай, для виготовлення ресор використовують здеформований листи на 40…60 %. Для збільшення якості виробу дріт чистять, промивають та сушать.

Другий цикл полягає у формотворчій операції, а саме у механічній обробці (шліфування).

Третій і найбільш важливий цикл включає в себе термічну обробку, зокрема гартування та відпуск. Для забезпечення високих значень твердості та міцності, наприклад, для сталі 70 проводять гартування при температурі 920 °С з охолодженням у масло. Для зменшення кількості внутрішніх напружень проводять високий відпуск при температурі 500 °С з охолодженням у маслі.

В четвертий цикл входять шліфувально-точильні операції.

П'ятий цикл полягає у додатковій обробці для стабілізації властивостей за необхідності, хіміко-термічне, фізичне або інше зміцнення.

Стабілізація властивостей здійснюється розгойдуванням (старінням). Механічне старіння здійснюють періодичним стисненням протягом 1…2 год при кількості 30…40 циклів за хв.

Останньою операцією в цьому циклі є нанесення антикорозійного покриття, які повинні задовольняти наступні основні вимоги: висока міцність зчеплення з основним матеріалом та мати дрібнокристалічну структуру, бути без пористим, не повинен збільшувати залишкову деформацію та сприяти створенню тріщин та інших дефектів.

Завершальний, шостий, цикл включає контроль якості, маркування деталей, консервування та упаковку.

В роботі [1] показано спосіб механотермічної обробки металів і сплавів включає послідовне динамічне та статичне деформування, з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою. При цьому метали та сплави перед статичним деформуванням стискуванням проводять динамічне деформування ударною циклічною дією при температурі навколишнього середовища, нагрівають до температури первинної рекристалізації, витримують до 60 хвилин з наступним охолодженням зі швидкістю (не менше 5 °С/с), що унеможливлює ріст полігонізаційних субзерен і забезпечує термічну стабілізацію полігонізаційної субструктури.

Для порівняльного аналізу традиційної технології з вищевказаною обрано вуглецеву сталь 70. Відпалену сталь 70 комбіновано здеформовано сумарно на 60 % (30 % динамічної та 30 % статичної деформації), що задовольняє вимоги для виготовлення ресор. Твердість після деформації склала HV_5=2,67 ГПа (56 HRC).

Далі проводили термічну обробку за традиційною технологією: гартування при температурі 920 °С з охолодженням у мастило та високий відпуск при температурі 470 °С з охолодженням у мастило (згідно до ГОСТ 14959-69). Твердість після гартування складала HV_5=3,31 ГПа (62 HRC), після відпуску – HV_5=3,01 ГПа (46 HRC), що задовольняє вимоги до твердості пружин.

Для відпаленої сталі 70 проводили комбіноване деформування сумарно на 60 % (30 % динамічної та 30 % статичної), твердість після деформації складала HV_5=2,67 ГПа (56 HRC). ПТО проводили при температурах 450, 500 та 550 °С. Залежність твердості від тривалості витримки ПТО наведено на рис. 1.

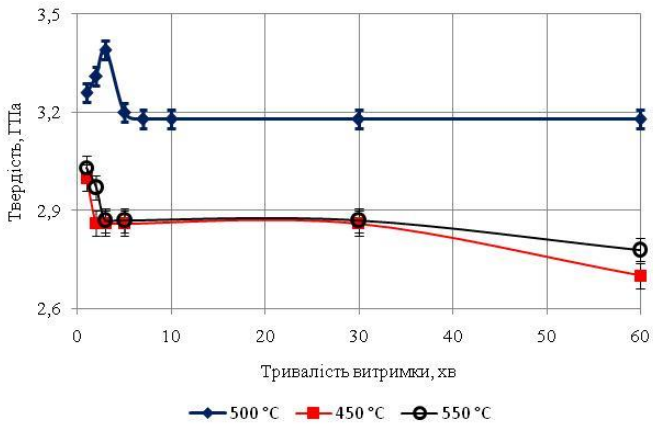


Рис.1. Залежність твердості сталі 70 від тривалості часу витримки передрекристалізаційної термічної обробки

Наведені на рис. 5.2 дані свідчать про те, що залежність твердості сталі 70 від тривалості витримки ПТО носить екстремальний характер. При цьому максимальне значення твердості HV_5=3,39 ГПа (64 HRC) досягається при витримці 3 хв, що більше від здеформованого,

загартованого та відпущеного стану (за традиційною технологією) на 52…64 % вище за шкалою Роквелла.

При цьому твердість зі збільшенням тривалості витримки ПТО до 60 хв падає на ~ 6 % (HV_5=3,19 ГПа або 60 HRC), але залишається вищою на 19 %, ніж після комбінованого деформування. При цьому твердість після ПТО протягом 60 хв залишається вищою, ніж твердість після традиційної обробки на 43…54 %, що дозволяє використовувати запропоновану обробку як альтернативу традиційній технології виготовлення ресор для підвісок вантажівок.

Основною перевагою розробленого методу є підвищення твердості сталей при незначних витратах електроенергії та трудових ресурсів. Тому для визначення економічного ефекту потрібно оцінити зростання собівартості деталей та порівняти його із економією, яку можна досягнути за рахунок підвищення фізико-механічних властивостей деталей і, як наслідок, зростання середнього терміну їх експлуатації.

Енерговитрати такої деталі складаються з витрат енергії на її статичну деформацію; витрат енергії на її динамічну деформацію; витрат енергії на термообробку. В результаті розрахунків вартість однієї ресори становить 38,31 грн.

Для коректного розрахунку продажної ціни ресори потрібно додатково врахувати податкові відрахування, рентабельність та непрямі витрати на логістику та маркетинг, а також непрямі цехові витрати (комунальні послуги). Заклавши у ціну межу рентабельності у 25 % та непрямі витрати у 25 % (логістика і маркетинг готових виробів, а також цехові витрати, включаючи комунальні послуги) можна визначити стартову продажну ціну без ПДВ на рівні 57,46 грн/од. Тоді фінальна продажна ціна 1 ресори із врахуванням ПДВ буде становити 68,96 грн/од.

Якщо ж ресори будуть слугувати не в якості окремого товару, а використовуватись на виробництві для виготовлення підвісок вантажіво, то їх собівартість для оцінки економічного ефекту буде складатись лише з прямих та непрямих витрат і складатиме 47,89 грн./од.

При цьому досягне за рахунок застосування передрекристалізаційної термічної обробки підвищення механічних властивостей, зокрема твердості, у порівнянні з традиційною технологією виготовлення ресор, дозволяє підвищити ресурс роботи ресори у 1,5 рази, тоді як собівартість пружини зростає у 1,6 разів.

Зростання вартості ресори у 1,5 рази призведе до зростання вартості готового виробу на від 0,4 до 15 %, тоді як очікуване зростання ресурсу підвіски вантажівки становитиме від 1,2 до 1,5 разів. До того ж, збільшення ресурсу роботи крім прямого економічного ефекту за рахунок зменшення кількості необхідних ресор та збільшення періодичності їх закупівлі дає ще й непрямий економічний ефект за рахунок зменшення витрат на їх ремонт та заміну, зменшення часу простою вантажівок, де встановлені ресори.

Тому економічний ефект від можливого впровадження запропонованого в роботі [1] способу механотермічної обробки є значним і в залежності від типу підвіски, на який буде встановлено ресору після передрекристалізаційної термічної обробки, може становити від 75 до 2500 грн./од., або до 50 %.

Таким чином, використання комбінованої деформації з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою при виготовленні ресор підвісок вантажівок дозволяє підвищити твердість вказаної деталі до 64 %, що значно підвищить зносостійкість та термін їх експлуатації.

1. Пат. 117824 Україна. Спосіб механотермічної обробки металів і сплавів. О. М. Дубовий, Т. О. Макруха.: заявник і патентовласник Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Опубліковано, Бюл. 13. 2017 р.

УДК 629.113

OPERATIONAL PROPERTIES OF THE ROAD TRAIN WITH O1-CATEGORY TRAILER

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПОМ КАТЕГОРІЇ О1

[1]Микола Марчук, [2]Володимир Сахно, [1]Назар Марчук, [1]Рувим Бецко

[1]Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028
[2]Національний транспортний університет, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010

In the work improved system of equation of plane-parallel movement of the road train with single-axle O1-category trailer. Defined lateral reactions on the vehicle and trailer wheels at body roll, wheels slip caused by body roll and also developed road train spatial mathematical model in a transverse plane. This model is used to study the road train course stability with O1-category trailer. It is shown that the spatial model of road train with no vehicle and trailer wheels inclination has the same divergent instability characteristic as the plane road train layout.

Розвиток малого і середнього бізнесу в Україні призвів до збільшення потреби в причепах, що використовуються в зчіпці з легковими автомобілями. Це, перш за все, причепи категорій О1 і О2. Відповідно категорія причепів О1 – це, так звані, «легкі» причепи. Для таких причепів, що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами, дуже важливими є параметри щодо навантаження на тяговий автомобіль і причіп, зокрема розташування вантажу в причепі. Завантажувати причіп необхідно рівномірно по всій площі підлоги вантажного причепа або фургона, а поодинокі вантажі повинні бути розташовані і закріплені над віссю або спареними осями. Розташування центру мас над віссю причепа забезпечує нормальне навантаження на зчіпну кулю [1].

Зсув вантажу і, відповідно, центру мас спорядженого причепа вперед від осі коліс причепа викликає збільшення навантаження на тягово-зчіпний пристрій автомобіля. Це призводить до більшого ніж слід притискання задньої частини автомобіля до дороги, переміщенню центра мас автомобіля назад і підняття його передньої частини. Внаслідок такого розподілу маси погіршується зчеплення передніх коліс з дорогою і автомобіль стає менш керованим. Крім того, через ослаблення зчеплення з дорогою на передніх колесах під час гальмування не створюється достатня гальмівна сила, особливо необхідна при русі з причепом.

Цілком очевидно, що підвищення ефективності роботи автопоїздів шляхом збільшення швидкості руху не повинно завдавати шкоди безпеці руху. Тому дослідження стійкості руху автопоїздів з причепами категорії О1 є актуальною задачею.

Питанню удосконалення експлуатаційних властивостей вантажних автопоїздів присвячена велика кількість робіт. Проте малотонажні автопоїзди практично випали з поля зору вчених як у нашій країні, так і за її межами. У ряді експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів (АТЗ) при тенденції збільшення швидкостей руху найважливішими показниками якості, що зберігається, на будь-яких режимах, є стійкість і керованість [2]. Вибір конструктивних параметрів АТЗ, що забезпечують саме ці властивості, підвищує активну безпеку експлуатації і знижує вірогідність дорожньо-транспортних пригод на транспортних операціях. Стійкість і керованість АТЗ в сукупності повинні забезпечити упевненість водія в реалізації режиму руху, що задається, виключити мимовільне виникнення небезпечного

відхилення від нього і зберегти можливість швидкого коректування з подальшою стабілізацією того ж режиму.

У зв'язку з цим нашою метою є дослідження впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на стійкість руху автопоїзда з причепом категорії О1.

При дослідженні стійкості руху автопоїзда розглядають, як правило, плоскопаралельний рух його ланок. При цьому вважають, що нормальні реакції опорної поверхні на колеса правого і лівого борту однакові. За такої умови стійкість руху розглядають для плоскої моделі автопоїзда. Проте при високому розташуванні центра мас причепа можлива суттєва зміна реакцій опорної поверхні на його колеса. Тому необхідно розглянути рух автопоїзда як в горизонтальній, так і в поздовжній вертикальній і поперечній площинах.

Основні кінематичні і динамічні властивості автопоїзда з причепом, як єдиної механічної системи тіл, залежать від фізичних явищ, що виникають при русі всіх його елементів і взаємодії останніх між собою. В свою чергу, ці явища визначаються геометрією і структурою автопоїзда.

У роботі [3] записана актуальна для нас система рівнянь плоскопаралельного руху автопоїзда з одновісним причепом, рис. 1:

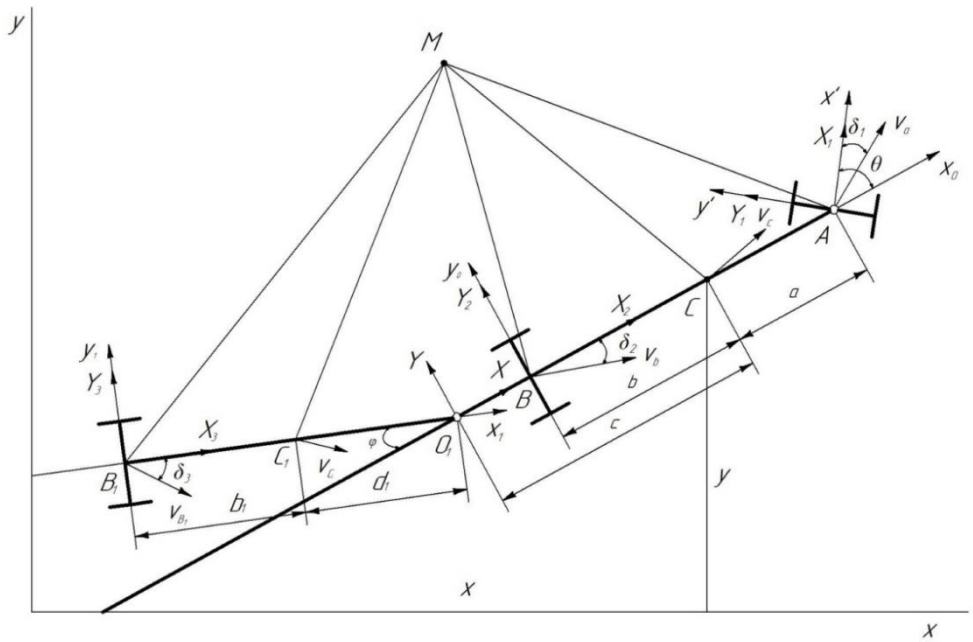


Рис. 1. – Схема повороту автопоїзда

При дослідженні стійкості руху автопоїзда з причепом категорії О1 система рівнянь плоскопаралельного руху [3] повинна бути доповнена рівняннями автопоїзда у поперечній площині.

У роботі [4] наведена методика побудови математичної моделі автомобіля у поперечній площині. Ця методика може бути використана і для побудови математичної моделі автопоїзда з причепом категорії О1.

Приймемо, що автопоїзд рухається по горизонтальній поверхні зі сталою швидкістю, вертикальні переміщення та обертання кузова автомобіля і причепа навколо своєї поперечної осі (галопування) відсутнє. Тобто для кожної ланки автопоїзда є три ступені волі, зокрема бічний рух вздовж поперечної осі, обертальний рух навколо вертикальної осі (рискання), обертальний рух навколо поздовжньої осі (крен).

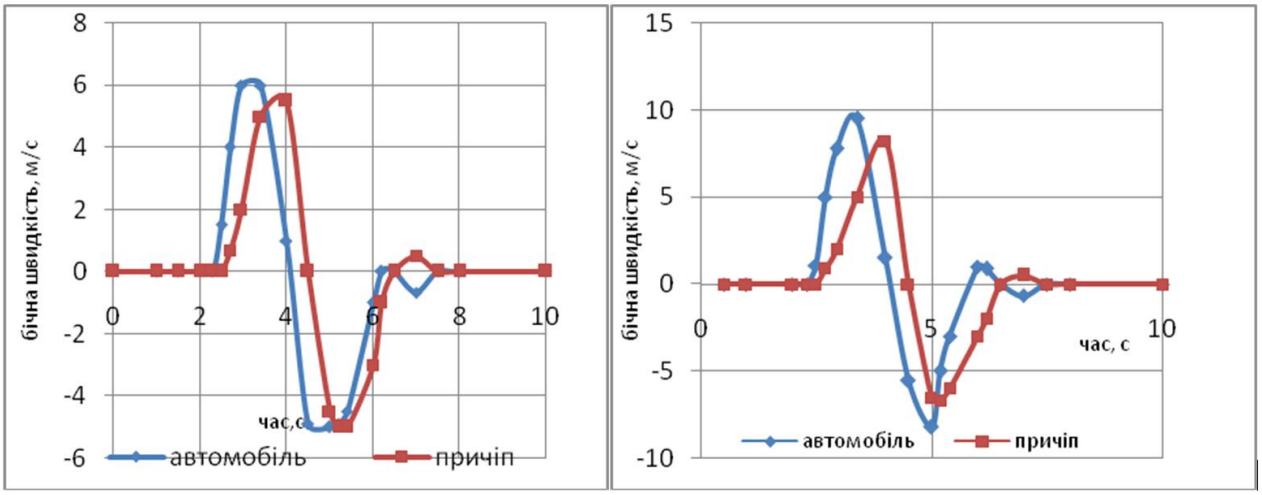
Розрахункова модель кожної ланки автопоїзда складається з непідресореної і підресореної маси. Вісь крену проходить паралельно опорній поверхні, центр мас кожної ланки автопоїзда лежить на вертикальній осі, з цією ж віссю перетинається вісь крену, яка співпадає з віссю O_x. У такому випадку маси $m_п$ та $m_н$ розташовуються відносно центру мас *m* автомобіля таким чином, що сума їх моментів відносно центру мас дорівнює нулю.

Крен кузова автомобіля і причепа і нахил їх коліс у поперечній площині призводить до зміни кутів відведення і відповідно сил опору відведенню.

Аналіз громіздких умов статичної стійкості автопоїзда показав, що сили аеродинамічного опору не впливають на величину критичної швидкості (коефіцієнт аеродинамічного опору, а відповідно і сила аеродинамічного опору не входить у вираз для критичної швидкості), а величини коефіцієнтів опору руху на першій, другій і третій осях автопоїзда майже не впливають на величину критичної швидкості. З цією метою інтегрування системи рівнянь, що описує плоскопаралельний рух і рух ланок автопоїзда у вертикальній площині по кутам крену виконувалося роздільно за допомогою програмного забезпечення Maple.

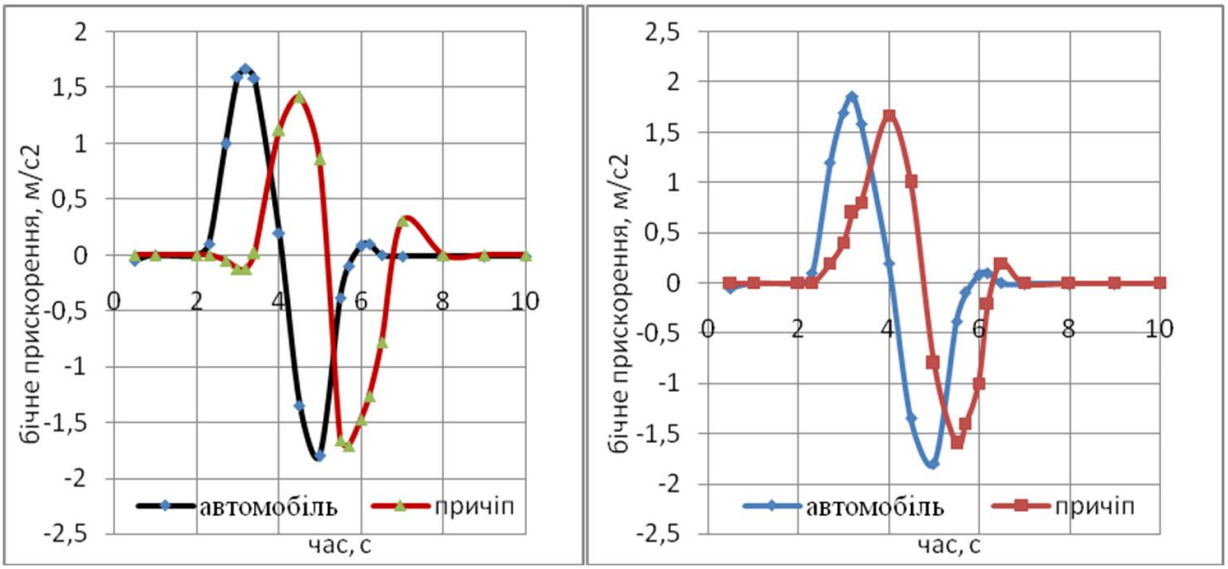
Розрахунки проведені для руху по колу, R = 25 м; V = 15 м/с, звідки слідує, що крен кузова і бортове навантаження автомобіля перевищує такі ж показники для причіпної ланки. Пояснюється це більш низьким положенням центру мас причепа (h_g=0,65 м) у порівнянні з автомобілем (h_g=0,83 м).

Інтегрування системи рівнянь, що описує автопоїзд у вертикальній площині, поряд з рівняннями, що описують плоскопаралельний рух, дозволяє дослідити ряд параметрів, зокрема характер поведінки бічного прискорення і кутової швидкості рискання при виконанні типових маневрів: «ривок рульового колеса» та «переставка, Sп = 24 м», рис. 2-3.



а) *б)*

Рис. 2 – Бічна швидкість ланок автопоїзда при виконанні маневру «переставка» за швидкості 15 м/с: а- без урахування крену, б – з урахуванням крену



а) *б)*

Рис. 3 – Бічне прискорення ланок автопоїзда при виконанні маневру «переставка» за швидкості 15 м/с: а- без урахування крену, б – з урахуванням крену

Встановлено, що найбільший крен і навантаження осей, кутова швидкість рискання, бічна швидкість і бічне прискорення ланок автопоїзда притаманні тяговому автомобілю, який і є обмежуючим фактором при виконанні різних маневрів. Про стійкий характер руху ланок автопоїзда при виконанні маневру «переставка» свідчить згасаючий характер коливань кутової швидкості і швидкості рискання ланок автопоїзда. Стійкість руху можна вважати задовільною, якщо поперечні прискорення у центрі мас ланки не перевищують 0,45g. Цій умові відповідає автопоїзд, що розглядається.

Аналіз результатів досліджень та графіків показує також, що крен кузова автомобіля суттєво впливає на стійкість руху автопоїзда при виконанні ним різних маневрів. Так, коефіцієнт посилення бічного прискорення кузова автомобіля при врахуванні крену кузова і виконанні маневру «ривок рульового колеса» збільшується на 19,92% у порівняні з його відсутністю і це необхідно враховувати при виборі тягового автомобіля, зокрема ходової частини і підвіски.

1. Волгин В.В. Прицепы к легковымавтомобилям. / В.В. Волгин. – М.: Астрель, 2005. – 89 с.

2. Стельмащук В.В. До питання комплектації автопоїзда з причепом категорії O_2 / В.В.Стельмащук, Р.В.Пазін // Науковий журнал // Вісник Машинобудування та транспорту, №2. Вінниця, 2016. С. 97-105.

3. Сахно В.П. До визначення показників стійкості автопоїзда категорії М1 у перехідних режимах руху / В.П. Сахно, Р.М. Кузнєцов, В.В. Стельмащук, Л.С. Козачук // Сучасні технології в машинобудуванні і транспорті. Науковий журнал, №2. Луцьк: Луцький НТУ, 2014. С. 123-128.

4. До питання про розробку математичної моделі легкового автомобіля з урахуванням крену / В.П. Сахно, В.Г. Вербицький, А.В. Костенко, О.С. Волохов, Д.М. Ященко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал, (8), 2011. С. 166 – 171.

УДК 621.436

AN EXAMPLE OF USING LINEAR EQUATIONS OF NORMALIZED REGRESSION FOR ESTIMATING USED CAR PRICES

ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ НОРМАЛІЗОВАНОЇ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЦІН ВЖИВАНИХ АВТОМОБІЛІВ

Морозов Юрій, Лактіонов Олександр, Лук'янчук Іванна

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

У роботі [1] запропоновано об'єктивний числовий метод вирівнювання і нормалізації множинних кореляційних зв'язків та викладені основи лінійної множинної кореляції, які дозволяють об'єктивно оцінити ефективність конкретного внеску кожного врахованого параметра $x_1, x_2, \dots, x_i$ в рівняння множинної нормалізованої лінійної регресії вигляду

$$u_0 = a_{01}u_1(x_1) + a_{02}u_2(x_2) + \cdots + a_{0l}u_l(x_l). \qquad (1)$$

Об'єктивний числовий метод вирівнювання і нормалізації багатофакторних кореляційних зв'язків [1] базується на двох функціональних монотонних перетвореннях конкретних значень $l+1$ вхідних параметрів і показника $x_0 = y,\ x_1,\ x_2,\ \dots,\ x_l$. Перше перетворення складається у заміні N_j конкретних значень кожної j-ої змінної $x_{j1},\ x_{j2}, \dots, x_{jN}$, $j = 0, 1, 2, \dots, l$ їх емпіричними ймовірностями неперевищення $p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jN},\ j = 0, 1, 2, \dots, l$ які визначаються за формулою $p_{ji} = p_j(x_{ji}) = \frac{m(x_{ji})-0{,}25}{N_j+0{,}5}$; $m(x_{ji}) = 1, 2, \dots, N_j$.

Тут $m(X_{ji})$ - порядкові (рангові) номери значень x_{ji} після розташування членів ряду $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jN}$, $j = 0, 1, 2, \dots, l$ у зростаючому порядку.

Друге перетворення основане на заміні емпіричних ймовірностей неперевищення p_{ji} відповідними їм квантилями $u_{ji} = F[p_{ji}]$ нормального нормованого розподілу $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jN}$.

Якщо вхідні змінні $x_1, x_2, \dots, x_{l+1} = x_0$ пов'язані попарно будь-якою криволінійною монотонною (без максимумів і мінімумів) кореляцією, то нормалізовані змінні $u_1, u_2, u_1, u_2,$ $, \dots, u_l, u_{l+1} = u_0$, пов'язані попарно лінійною кореляцією. Завдяки цьому існуючі рішення кореляційних задач, основані на методах лінійної множинної кореляції, автоматично розповсюджуються і на випадки нелінійних попарно монотонних кореляційних зв'язків, якщо попередньо провести нормалізацію значень вхідних змінних або факторів.

В роботі [1] наведені приклади розрахунків коефіцієнтів a_{ji} для рівнянь регресії, подібних (1). Такі квазілінійні рівняння регресії з ефектами вирівнювання та нормалізації взаємозв'язків між вхідними та вихідними параметрами можливо використовувати для оцінки взаємозв'язків між параметрами і показниками складних систем (наприклад, робочі процеси в системах ДВЗ), для проведення оптимізаційних задач, задач синтезу та аналізу фінансових потоків. Базова методика [2] була використана для раціонального вибору і розрахунку конструктивних параметрів паливної апаратури дизелів.

В даній роботі для конкретного розрахунку цін вживаних автомобілів "Volkswagen Golf" авторами був вибраний прямокутний масив вихідних даних розмірністю 7×49 для декларованої ціни та значень відповідних параметрів автомобілів. Також наведені в таблиці 1 вхідні дані і результати розрахунку: розрахункова ціна та % відхилення.

Таблиця 1

Вихідні дані та результати розрахунку цін вживаних автомобілів “Volkswagen Golf”

№ з/п	Ціна, USD	Вік, років	Пробіг, тис. км	Літраж, л	Критерій типу пального	Критерій комфорту	Критерій технічного стану	Ціна розрахункова, USD	Відхилення, %
Позначення	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_R	Δ, %
1	4200	20.1	191	1.6	1	3	3	3604	14
2	4500	20.2	200	1.9	3	3.001	3.001	4101	8.9
3	4510	23	324	1.601	1.001	3.002	3.002	3747	17
4	3549	22	268	1.602	1.002	2	3.003	3704	-4.7
5	3900	22.1	230	1.901	3.001	3.003	3.004	4349	-12
6	3999	23.01	410	1.902	3.002	3.004	3.005	4714	18
7	3850	23.02	211	1.603	1.003	3.005	3.006	3802	1.2
8	3999	21.1	320	1.903	3.003	3.006	3.007	4612	-15
9	4400	19	192	1.604	1.004	3.007	3.008	3717	16
10	4800	21.1	197	1.605	1.005	3.008	3.009	3684	23
11	3800	23.03	350	1.904	3.004	2.001	3.01	4224	-11
12	4850	21.2	205	2	1.006	3.009	3.011	3677	25
13	4600	22.2	173	1.606	1.007	3.01	3.012	3654	20
14	5250	19.1	203	1.607	1.008	3.011	3.013	3725	26
15	3400	19.2	312	1.401	2	2.002	3.014	4515	-23
16	4250	19.3	190	1.608	1.009	3.012	3.015	3827	10
17	8700	10	230.1	2.001	3.005	3.013	3.016	4200	47
18	3700	24	400	1.905	3.006	3.014	3.017	4941	30
19	3600	21.3	174	1.402	1.001	2.003	3.018	3615	2.1
20	4700	21.4	272	1.906	3.007	3.015	3.019	4513	1.6
21	3710	23.04	309	1.907	3.008	3.015	3.019	4483	14.6
22	4610	20.3	223	1.609	1.011	3.016	3.021	3998	11
23	5300	16	207	1.908	3.009	3.017	3.022	4408	12
24	2900	20.3	359	1.61	2.001	2.005	2	4679	-38
25	4810	19.4	210	1.403	1.012	3.018	3.023	3999	13
26	4100	23.05	284	1.611	1.013	3.019	2.001	4198	4.8
27	4410	23.06	230	1.612	1.014	3.02	3.024	4000	6.2
28	3995	22.3	140	1.613	1.015	3.021	3.025	3808	4.7
29	3910	20.4	239	1.404	1.016	3.022	3.026	4407	-13
30	4520	18	222	1.614	1.017	3.023	3.027	4199	7.1
31	3650	22.4	300	1.405	1.018	2.006	3.028	4130	-13
32	7450	12	198	1.909	3.01	3.024	3.029	4496	40
33	5450	16	313	1.91	3.011	3.025	3.03	4852	-17
34	4110	22	395	1.911	3.012	3.026	3.031	6427	10
35	3650	22.5	219	1.406	1.019	2.007	3.032	4032	-10
36	3610	23.07	350.1	1.912	3.013	2.008	2.002	5465	-46
37	4210	23.08	145.1	1.407	1.02	2.009	3.033	3700	12
38	4150	22.6	253	1.615	1.021	3.027	3.034	4409	-6.3
39	4620	23.09	210.1	1.616	1.022	3.028	3.035	4183	9.5

40	4198	23.1	206	1.617	1.023	2.007	3.036	3790	9.7
41	3720	24.2	412	1.408	2.002	2.008	2.003	4610	-23
42	4220	23.11	308	1.618	2.003	2.009	3.037	4144	1.7
43	3810	20.5	158	1.409	1.024	3.029	2.004	4343	-14
44	4050	21.5	233	1.619	1.025	3.03	3.038	4611	-14
45	4260	22.7	166	1.62	1.026	2.01	3.039	3728	12
46	4000	24.3	256	1.621	2.004	2.011	3.04	4152	-3.8
47	3730	20.6	282	1.41	1.027	2.012	2.005	4356	-17
48	4950	20.7	177	1.622	1.028	3.031	3.041	4226	15
49	3620	20.8	140.1	1.411	1.029	2.013	3.042	4000	-10
	Середньозважена відносна похибка реалізації елементів вхідного масиву								**14,8 %**

Методика, що використана в роботі [3], дозволяє визначити рівняння регресії, яке акумулює в собі вхідні дані експерименту та результати їх обробки.

В результаті двох зазначених вище перетворень замість вихідного масиву $x_0(j,i)$ отримаємо аналогічний йому по розмірності ймовірнісний масив квантилів $u_0(j,i)$.

Подальше дослідження в цій роботі зводиться до розгляду кореляційних зв'язків між вихідними змінними величинами

$$x_1,\ x_2, \dots ,\ x_i,\ x_{i+1} \equiv x_0 \equiv y_0, \tag{2}$$

де $x_{i+1} \equiv x_0 \equiv y_0$– шукана функція від l аргументів $x_1, x_2, \dots, x_i$.

Згідно з методикою роботи [3] наведені в таблиці 1 вхідні дані, числові значення імовірнісного масиву квантилів $x_N(j,\ i)$.) та результати перевірки та тестування комп'ютерної програми для обчислення коефіцієнтів лінійних нормалізованої регресії. Квантилі нормального розподілу обчислювалися за допомогою спеціалізованого модуля, як компонента розрахункової програми обробки спостережуваних значень всіх вихідних змінних.

Для цього підраховані емпіричні коефіцієнти коваріації $\rightarrow \mu_{0j}(N) = \frac{1}{N-1}\sum_{j=1}^{N} u_{0i}u_{1i}$, коефіцієнт нормалізованої кореляції $\rightarrow r_{0i}(N) = \frac{\mu_{0j}(N)}{\sigma_u^2(N)}$ та симетрична матриця коефіцієнтів кореляції $\|r_{ik}\|$. Числові значення симетричної матриці – це елементи масиву коефіцієнтів кореляції r_{ik}.($r_{ik} = r_{ki}, r_{ii} = 1$).

На основі симетричної матриці складена система шести лінійних нормальних рівнянь для шести параметрів і одного показника:

$$\begin{gathered}
\alpha_{01} + r_{12}\alpha_{02} + r_{13}\alpha_{03} + r_{14}\alpha_{04} + r_{15}\alpha_{05} + r_{16}\alpha_{06} = r_{01} \\
r_{21}\alpha_{01} + \alpha_{02} + r_{23}\alpha_{03} + r_{24}\alpha_{04} + r_{25}\alpha_{05} + r_{26}\alpha_{06} = r_{02} \\
r_{31}\alpha_{01} + r_{32}\alpha_{02} + \alpha_{03} + r_{34}\alpha_{04} + r_{35}\alpha_{05} + r_{36}\alpha_{06} = r_{03} \\
r_{41}\alpha_{01} + r_{42}\alpha_{02} + r_{43}\alpha_{03} + \alpha_{04} + r_{45}\alpha_{05} + r_{46}\alpha_{06} = r_{04} \\
r_{51}\alpha_{01} + r_{52}\alpha_{02} + r_{53}\alpha_{03} + r_{54}\alpha_{04} + \alpha_{05} + r_{56}\alpha_{06} = r_{05} \\
r_{61}\alpha_{01} + r_{62}\alpha_{02} + r_{63}\alpha_{03} + r_{64}\alpha_{04} + \alpha_{65} + r_{66}\alpha_{06} = r_{06}
\end{gathered}$$

Рішення цієї системи: α_{01}= – 0,263621, α_{02}= – 0,0950556, α_{03}= 0,326247, α_{04}= 0,0601563, α_{05}= 0,494712, та α_{06}= 0,346347 – це коефіцієнти регресії, що входять в шукане рівняння нормалізованої регресії.

$$u_0(x_0) = -0{,}263621 \cdot u_1(x_1) - 0{,}0950556 \cdot u_2(x_2) + 0{,}326247 \cdot u_3(x_3) - 0{,}0601563 \cdot u_4(x_4) + \\ + 0{,}494712 \cdot u_5(x_5) + 0{,}346347 \cdot u_6(x_6). \tag{3}$$

Користуючись пунктирними лініями зв'язку $x_0 = f_0[u_0]$ з малюнку, подібного рис.1, отримаємо рівняння криволінійної регресії для величини розрахункової ціни x_0 в залежності від показників $x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4,\ x_5,$ та x_6.

$$x_0 = f_0[-0{,}263621\cdot u_1(x_1) - 0{,}0950556\cdot u_2(x_2) + 0{,}326247\cdot u_3(x_3) - 0{,}0601563\cdot u_4(x_4) + \\ + 0{,}494712\cdot u_5(x_5) + 0{,}346347\cdot u_6(x_6).]. \quad (4)$$

При цьому нормалізовані величини $u_1(x_1)$, $u_2(x_2)$, $u_3(x_3)$ $u_4(x_4)$, $u_5(x_5)$ та $u_6(x_6)$ визначаються по кривим зв'язку, подібним (рис.1) для заданих інтервалів значень вхідних параметрів: x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6. На рис.1 поряд з кривими зв'язку нанесені пунктирними лініями послідовності визначення показника x_0, значень вхідних параметрів x_i та їх ймовірнісних аналогів u_0, u_i.

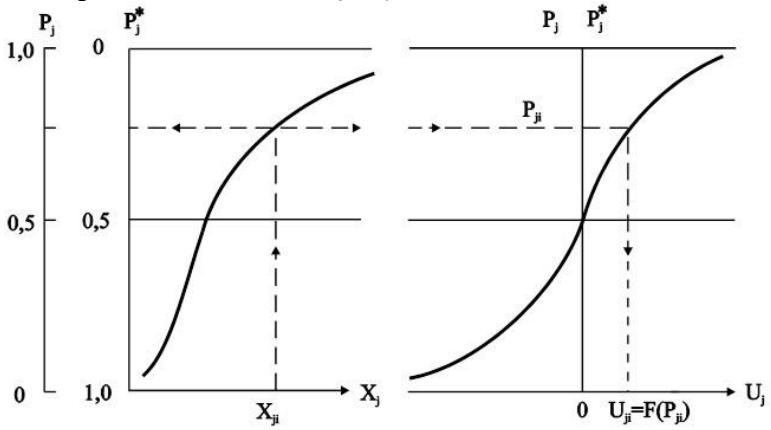


Рис.1. Схема перетворення вхідної змінної x_j в рангову p_j і нормалізовану u_j змінні: $p_{ji} = p_j(x_{ji})$, $u_{ji} = f[u_{ji}] = f[p_{ji}(x_{ji})]$

Для рівнянь регресії (3) і (4) визначається повний коефіцієнт множинної кореляції R_0 за формулою:

$R_0^2 = r_{01}\alpha_{01} + r_{02}\alpha_{02} + r_{03}\alpha_{03} + r_{04}\alpha_{04} + r_{05}\alpha_{05} + r_{06}\alpha_{06}$= 0,662017;

$R_0 = \sqrt{0{,}662017}$ = 0,813644.

При описаних розрахунках передбачається наявність графіка, подібного рис.1. для переходу від вхідних змінних x_j до нормалізованих змінних u_j, де $(j = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$, або навпаки, від нормалізованої змінної результату u_0 до аналогових змінних вхідних параметрів (x_j).

При практичному використанні метода пропонується користуватися компютерними підпрограмами лінійної інтерполяції, описаними в роботі [5]. Фрагменти програм для переходу від вхідних змінних (параметрів) $x_j \Longrightarrow$ `X0R(MI)` до їх квантилів нормального розподілу $u_j \Longrightarrow$ `X00N(MI)`, для підрахунку квантиля нормального розподілу кінцевого результату $u_0 \Longrightarrow$ `X00NN` та переходу від нього до вихідної змінної результату $x_0 \Longrightarrow$ (`XRN`) – наведені у роботі [3].

Згідно з висновками роботи [3] запропонована для використання программа протестована, перевірена і може бути використана для обробки розрахунково-статистичної інформації за допомогою нормалізації і вирівнювання кореляційних зв'язків між параметрами і показниками складних систем.

1. Морозов Ю.В. Метод раціонального вибору і розрахунку конструктивних параметрів паливної апаратури дизелів. – Рівне: Видавництво Української державної академії водного господарства. 1997. – С. 40–46.

2. Морозов Ю.В. Лінійні рівняння нормалізованої регресії для оптимізації показників паливної апаратури дизеля. -НУВГП – Всеукраїнська науково-технічна интернет-конференія «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем», 28–29 листопада 2019 року м. Рівне. Тези доповідей.

3. Морозов Ю.В. Перевірка та тестування комп'ютерної програми для обчислення коефіцієнтів лінійної нормалізованої регресії. – Рівне: Вісник НУВГП .Збірник наукових праць. Серія технічних наук. Випуск № 3 (95) 2021.– С. 89–103.

УДК 621.783.2:656.2

APPLICATION OF LOW-TEMPERATURE NITROCEMENTATION FOR SURFACE STRENGTHENING OF STEEL PARTS

ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

Пікула Микола, Матюх Вадим, Лисанець Михайло

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Розвиток промисловості можливий за рахунок створення високопродуктивного енерго- і ресурсозбережувального обладнання. Особливого значення при цьому набуває проблема підвищення його надійності і довговічності, адже втрата працездатності обладнання внаслідок відмов призводить до простоїв, значних витрат на ремонт та запасні частини. Щорічні втрати на відновлення працездатності машин становлять сотні мільйонів гривень.

Значним чинником ресурсопоглинання і, як наслідок, маловикористаним резервом підвищення надійності та довговічності машин є відновлення зношених деталей, що дозволяє повторно використовувати деталі і складальні одиниці, які вичерпали свій ресурс і, тим самим, знизити собівартість робіт з ремонту машин. Особливо важливим є відновлення деталей закордонної техніки, використання якої постійно розширюється, а запчастини - дорожчають. Відновлення деталей також сприяє екологічній безпеці, адже зменшує екологічно небезпечні етапи металургії та машинобудування, необхідні для виготовлення нових деталей. А підвищення зносостійкості деталей є одним з основних напрямків підвищення довговічності обладнання.

Як відомо, основним видом відмови машин, що призводять до їх непрацездатного стану, є зношування деталей – процес відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) збільшення його залишкової деформації при терті, яке проявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла. Зношування деталей часто супроводжується деформаціями, накопиченням напруг від втоми тощо.

Відновлення деталей і спряжень – найважливіша задача ремонтного виробництва, адже ресурс відновлених деталей досягає 60...80% цих показників для нових. Воно дозволяє заощадити дефіцитні матеріали, продовжити термін служби деталей в 2...3 рази, зменшити випуск запасних частин і знизити собівартість ремонтних робіт.

Одним із технологічних методів забезпечення високих експлуатаційних характеристик відновлених деталей є їх хіміко-термічна обробка (ХТО) - насичення поверхонь відновлених деталей різними елементами з високоактивних середовищ. Така обробка покращує властивості поверхневого шару металу, зокрема збільшує мікротвердість, яка практично не поступається новим деталям.

Способи ХТО, які широко застосовують у масовому виробництві - насичення поверхневих шарів вуглецем (цементація), азотом (азотування), вуглецем і азотом (ціануваня), алюмінієм (алітування), хромом (хромування), кремнієм (силіцювання) - вимагають наявність дорогого устаткування і відрізняються великою тривалістю процесів. Тому для ремонтного виробництва вони малопридатні. Проте при використанні високоактивних середовищ можна значно прискорити процеси ХТО і застосувати деякі з названих процесів і в ремонтному виробництві. Зокрема такі, як низькотемпературна нітроцементація в азотисто-вуглецевих пастах, ціанування у високоактивних розплавах солей, дифузійна карбідизація [1]. Їх ефективність обумовлена утворенням на поверхні деталі стійких вкраплень твердих фаз, які

добре чинять опір зношуванню і іншим несприятливим діям. Важливим чинником їх застосування є й те, що вони не вимагають дорогих матеріалів і устаткування.

Низькотемпературну нітроцементацію, тобто дифузійне насичення поверхневого шару сталі одночасно вуглецем і азотом, проводять при температурах 550...650 °С у пастоподібному карбюризаторі. Пасту наносять на зміцнювальні поверхні деталей і висушують. Потім деталі укладають в контейнер і поміщають в нагріту до температури нітроцементації піч, де витримують від одного до трьох годин (швидкість обробки 0,08...0,10 мм/год) - залежно від необхідної товщини зміцненого шару. Після цього деталі охолоджують у воді.

В результаті обробки на поверхні деталі утворюється щільний шар карбонітридів, що забезпечує дуже високу твердість і знижений коефіцієнт тертя [2]. У поверхневому шарі нітроцементованої деталі виникають стискувальні напруги, величина яких може досягати 380...650 МПа. Це сприятливо позначається на втомленісній міцності деталі. А зносостійкість отриманого нітроцементованого шару в умовах граничного тертя, тобто з малою кількістю мастила між контактними поверхнями, в 8...10 разів вища зносостійкості гартованої сталі без нітроцементації. Таким чином, низькотемпературна нітроцементація в пастоподібному карбюризаторі, може бути ефективно використана для зміцнення деталей машин, відновлених наплавленням або слюсарно-механічною обробкою.

Як відомо, для виготовлення деталей машин широко застосовують конструкційні сталі, які мають задовільні технологічні властивості, високі міцність, пластичність і в'язкість. Для виробів, які виготовляють холодним штампуванням, а також для дрібних деталей переважно типу «тіла обертання» широко застосовують маловуглецеві сталі (до 0,3 % С).

Представником цієї групи є, зокрема, сталь 20, хімічний склад якої наступний: вуглець (0,17…0.24 %), кремній (0,17…0,37 %), марганець (0,35…0,65 %), сірка (не більше 0,4%), фосфор (не більше 0,035%). Вона служить для виготовлення кулачків, штовхачів, малонавантажених шестерень, кріпильних деталей, втулок, валів, осей, пальців тощо.

Нами було проведено експериментальне дослідження технології зміцнення зразків з сталі 20 в пастоподібному карбюризаторі. Як робоче середовища було використано сажу, залізосиньородистий калій, селітру та соду у різних пропорціях. в пропорції відповідно. В якості робочого устаткування була використана електропіч опору типу СНО 2.3.1,3/Т. Для вимірювання твердості застосовували твердомір ПМТ-3.

Параметрами, що варіювалися, вибрано температуру (580, 600, 620 °С) і пропорції складових робочого середовища (сажа, залізосиньородистий калій, селітра, сода, у відсотках - 70/10/10/10; 60/15/15/10; 80/10/10/15). Час обробки - 3 год.

Зразки для проведення досліджень були відпалені і атестовані за твердістю, яка становила HRC 2…4. Після проведення заданої хіміко-термічної обробки зразки знову атестувалися за твердістю.

Як показали дослідження, найкращі результати були отримані при використанні робочого середовища у пропорції «сажа, залізосиньородистий калій, селітра, сода» - 70/10/10/10, при температурі нагрівання 620 °С.

Висновок. Аналізуючи результати, можна констатувати, що розглянута зміцнювальна технологія забезпечує достатнє підвищення мікротвердості досліджуваних поверхонь - у межах 8200…8400 МПа. А зносостійкість відновлених деталей зростає у 2...3 рази.

Для реалізації запропонованих методів використовуються дешеві і поширені матеріали (сажа, сода, аміачна селітра, сечовина) та просте термічне устаткування, що дуже важливо з точки зору організації робіт на ремонтних підприємствах.

1. Прокошкин А. А. Химико-термическая обработка металлов – карбонитрация / А. А. Прокошкин. – М.: Металлургия, 1984. – 240 с. 2. Бобіна М. М., Майборода В. С., Соловар О. М., Заболотна О. Ю. Вплив попередньої активації поверхні на властивості швидкорізальної сталі Р6М5 після нітроцементації. - Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. № 4 (25), 2011. с.18

УДК 621.717:631.3

THE INFLUENCE OF THE TENSION IN THE BEARING-SHAFT COUPLING ON THE CHANGE OF THE RADIAL AND AXIAL CLEARANCES IN THE BEARING

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ НАТЯГУ В СПРЯЖЕННІ ПІДШИПНИК-ВАЛ НА ЗМІНУ РАДІАЛЬНОГО ТА ОСЬОВОГО ЗАЗОРІВ У ПІДШИПНИКУ

Рис Василь, Левчук Олександр, Барабаш Руслан

Львівський національний університет природокористування,
вул. В. Великого 1, м. Дубляни, 80381

У процесі ремонту машин часто здійснюються операції розбирання і складання спряжень з натягом, зокрема в підшипникових вузлах. На сьогодні невирішеною залишається проблема впливу параметрів деталей підшипникових вузлів та режимів їх розбирання і складання на якість з'єднання, а отже, на ресурс підшипникового вузла [1, 2].

Вже сьогодні загально відомо є те, що цілісність машини забезпечується за рахунок різьбових та пресових з'єднань. В окрему групу пресових з'єднань можна віднести підшипникові вузли, які мають місце в більшості механізмів, зокрема в деталях, що обертаються. Характерним для підшипникових вузлів є встановлення з натягом одного із кілець підшипника, як правило того кільця, що обертається. Порушення параметрів з'єднання підшипників з іншими деталями машин може бути причиною зменшення ресурсу вузла або причиною його нероботоздатності. Так, наприклад, зменшення натягу або його відсутність може спричинити провертання кільця, його спрацювання та спрацювання деталі, з якою воно контактує. Збільшення натягу може призвести до збільшення опору обертання, заклинювання тіл кочення підшипника, порушення температурного режиму та пошкодження робочих кілець. З іншого боку, під час розбирання машин потрібно використовувати технології і технічні засоби знімання і встановлення підшипників, які б не приводили до їх пошкодження. Під час складання підшипникових вузлів, контролюючи зусилля їх запресування, можна пересвідчитись у відповідності даного спряження технічним вимогам.

Серед критеріїв, якими визначається придатність підшипників, зокрема кулькового радіального, є не лише цілісність його складових елементів але і радіальний і осьовий зазори, які виникають внаслідок спрацювання бігових доріжок кілець та кульок. Величина допустимого зазору є регламентована для всіх підшипникових вузлів кожної машини. Так як одне з кілець підшипника встановлене з натягом, то величина цього натягу залежить від геометричних параметрів спряжених деталей і може змінюватись в допустимих межах виходячи з міцності деталей, зокрема кільця підшипника. Таким чином можна припустити, що збільшуючи в допустимих межах натяг, наприклад, між валом і внутрішнім кільцем підшипника, за рахунок деформації кільця можна зменшити радіальний і боковий зазор, що дасть змогу збільшити ресурс, тобто термін експлуатації підшипника.

Під час проведення ряду досліджень була розроблена уточнена методика розрахунку зусилля запресування підшипникових вузлів, яка включає розрахунок тиску, при якому забезпечується міцність кільця, обчислення лінійної деформації у коловому напрямі, знаходження максимально можливого значення зміни параметрів Δ, щоб була забезпечена міцність кільця.

Знаючи залежність між натягом і зусиллям запресування, можна визначити зусилля, потрібне для запресування деталі, а складаючи підшипниковий вузол з використанням обладнання, яке дозволяє контролювати зусилля, можна встановити, чи забезпечений номінальний натяг у спряженні. З цією метою пропонується використати обладнання яке дає можливість контролювати температуру деталей та прикладене зусилля за допомогою

встановлених тензодатчиків, розроблений і виконаний кафедрою агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О.Д. Семковича.

Після проведених досліджень отримали результати (для підшипника з діаметром внутрішнього кільця 25 мм) зусилля запресування *P*, збільшення зовнішнього розміру внутрішнього кільця підшипника $U_2^з$ і питоме напруження $\sigma_{ек}$, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати досліджень зусилля запресування *P*, збільшення зовнішнього розміру внутрішнього кільця підшипника $U_2^з$ і питоме напруження $\sigma_{ек}$ від максимально можливого значення зміни параметрів *Δ*

Контрольований параметр	*Δ*, мм														
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
P, кН	3,80	6,90	9,07	12,23	16,44	19,60	22,76	25,92	28,02	32,23	35,87	38,49	42,61	46,21	50,14
$U_2^з$, мм	0,0036	0,0076	0,0131	0,0172	0,0212	0,0253	0,0294	0,0335	0,0376	0,0416	0,0453	0,0460	0,0510	0,0543	0,0615
$\sigma_{ек}$, МПа	92,47	169,27	246,09	322,84	399,62	476,38	553,15	629,90	706,65	783,39	867,26	943,35	1028,53	1012,25	1215,26

З таблиці 1 бачимо, що при максимальному питомому напруженні $\sigma_{ек}$=1215,26 МПа, яке для термічно обробленої сталі ШХ-15 не є критичним, можна усунути зазор до 0,06 мм.

Зміну натягу в підшипникових вузлах, з метою зменшення зазору в підшипниках, можна досягнути наступними методами:

1. Збільшуючи діаметр вала.
2. Зменшуючи діаметр кільця підшипника.

Другий метод забезпечує збереження параметрів деталей машин відповідно до конструкторської документації, але в окремих випадках виходячи з конкретної виробничої ситуації можна використати і перший варіант. Вважаємо, що найбільш реальним для зміни геометричних параметрів кільця підшипника є способи електролітичного нарощування (хромування, нікелювання, залізнення, міднення), які можна реалізувати шляхом електролітичного нарощування у ванні, попередньо герметизувавши решта поверхнею підшипника а також методом електролітичного натирання і електролітичного нарощування в протічному електроліті.

1. Чухрай В. Є., Рис В. І. Дослідження впливу величини натягу в спряженні кілець підшипників з валами на зміну радіального і осьового зазору в підшипнику. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2007. № 11. С. 184–190.

2. Чухрай В. Є., Рис В. І. Вплив геометричних параметрів деталей підшипникових вузлів на режими процесів розбирання та складання. Крамаровські читання: VIII Між нар. наук.-техн. онлайн-конф. з нагоди 114-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Володимира Савовича Крамарова (1906–1987). Київ, 2021. С. 79–82. (Здобувачем досліджено вплив геометричних параметрів деталей підшипникових вузлів на режими процесів монтажу і демонтажу).

УДК 656.13

CRITERIA FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF TRANSPORTATION OF CROP PRODUCTS

ВАГОМІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАННЯ

Роговський Іван

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041

Тільки правильно організований процес визначення технічного стану колісного транспортного засобу при випробуванні може забезпечити високий рівень працездатності машини. Виконуючи випробування, формують область технічного стану і встановлюють фактичний рівень надійності автомобіля. Технічний стан для кожного вихідного параметра формується як область, в якій знаходяться всі його значення для прийнятих умов і режимів роботи машини. Зміна області стану відбувається з плином часу і залежить від процесів старіння, зносу, умов і режимів експлуатації машини. У зв'язку з цим закон імовірнісного розподілу $F(x)$ буде характеризувати ймовірність знаходження в заданій точці значень x. Область станів визначається не тільки значеннями параметрів, але і імовірнісними характеристиками: математичним очікуванням, дисперсією, коефіцієнтом асиметрії, а повною характеристикою стає функція закону розподілу $F(x)$. Для оцінки технічного стану автомобіля в період випробування визначаються значення встановлених вихідних параметрів для різних умов експлуатації та проведення розрахунків на основі показників існуючого рівня надійності колісного транспортного засобу. При експлуатації машини показники будуть змінюватися, і другим етапом оцінки надійності стає проведення прогнозування зміни області станів вихідних параметрів машини під впливом очікуваних процесів старіння.

Розглянемо наступні співвідношення, при якому максимальне значення величини технічного стану, ефективності або навіть ймовірності працездатного стану автомобіля рівне одиниці, а значення технічного стану визначається за виразом:

$$\boldsymbol{E \approx 1 - \sum_{i=1}^{M}(h_i \cdot q_i)} \tag{1}$$

при

$$\boldsymbol{\sum_{i=1}^{M}(h_i \cdot q_i) \ll 1},$$

де $\boldsymbol{M}$ – кількість контрольованих параметрів; $\boldsymbol{q_i}$ – значення технічного стану i-го параметра або ймовірність працездатного стану; $\boldsymbol{0 \le q_i \le 1}$ при чому значення одиниці відповідають повністю непрацездатному параметру елемента характеризованого i-м параметром, а нуль – працездатному параметру.

Коефіцієнт, який враховує вагомість i-го параметра або ступінь впливу на технічний стан автомобіля чи на комплекс вихідних характеристик автомобіля, наприклад максимальна швидкість, витрата палива, потужність двигуна $\boldsymbol{0 \le h_i \le 1}$ при чому:

$$\boldsymbol{\sum_{i=1}^{M} h_i = 1}, \tag{2}$$

передбачає, що при коректно визначених допусках на значення параметрів і при постійному дотриманні значень меж цих допусків величина із виразу (1) пропорційна $\boldsymbol{\delta x_i}$ – величині відносного відхилення i-го параметра $\boldsymbol{x_i}$ від номінального значення $\boldsymbol{x_{io}}$:

$$\boldsymbol{\delta x_i} = \left|\frac{\boldsymbol{x_i - x_{io}}}{\boldsymbol{x_{io}}}\right|$$

Значення величини $\boldsymbol{h_i}$ у відповідності з (1) і (2), знаходиться із співвідношення:

$$\boldsymbol{h_i} = \frac{\sum_{j=1}^{N} x_{ji}}{\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{M} x_{ji}} \tag{3}$$

де $\boldsymbol{N}$ – кількість вихідних характеристик автомобіля або найбільш вагомі техніко-технологічні дані автомобіля; $\boldsymbol{x_{ji}}$ – коефіцієнт впливу відносного відхилення *i*-го параметра, який визначає стан елемента вузла автомобіля на відносне відхилення $\boldsymbol{j}$-ї вихідної характеристики:

$$\boldsymbol{x_{ji}} = \frac{\boldsymbol{\delta\varphi_i(x_1 \cdot x_2 \ldots x_i \cdot x_m)}}{\boldsymbol{\delta x_i}} \cdot \frac{\boldsymbol{x_i}}{\boldsymbol{\varphi_j(x_1 \cdot x_2 \ldots x_i \ldots x_m)}}.$$

де $\boldsymbol{\varphi_j(x_1 \cdot x_2 \ldots x_i \ldots x_m) = \varphi_i}$.

Легко представити зміст виразу (3). В ньому враховується, як сильно і на яку кількість вихідних характеристик діє кожний *i*-й параметр. На практиці більшість параметрів істотно діє на незначну кількість вихідних характеристик, при чому величини $\boldsymbol{x_{ji}}$ і, як наслідок, $\boldsymbol{h_i}$ можливо визначити не тільки аналітичним шляхом, але й методикою до вузлів автомобіля експериментально. Враховуючи викладене, допускаємо можливість наближеної оцінки рівня технічного стану автомобіля при випробуванні за виразом:

$$\boldsymbol{E \approx 1 - \sum_{i=1}^{M} h_i U(\delta x_i)} \tag{4}$$

де h_i визначається за виразом (3); $U(\delta x_i)$ напруга пропорційна відхиленню значення контрольованого параметра від номіналу.

Функціональна структурна схема блока LRU показано на рис. 1. Джерело живлення конвертує напругу електричної мережі ПК 115 В змінного струму або 28 В постійного струму до понижених рівнів 5 В і 15 В постійного струму для живлення мікропроцесорної техніки.

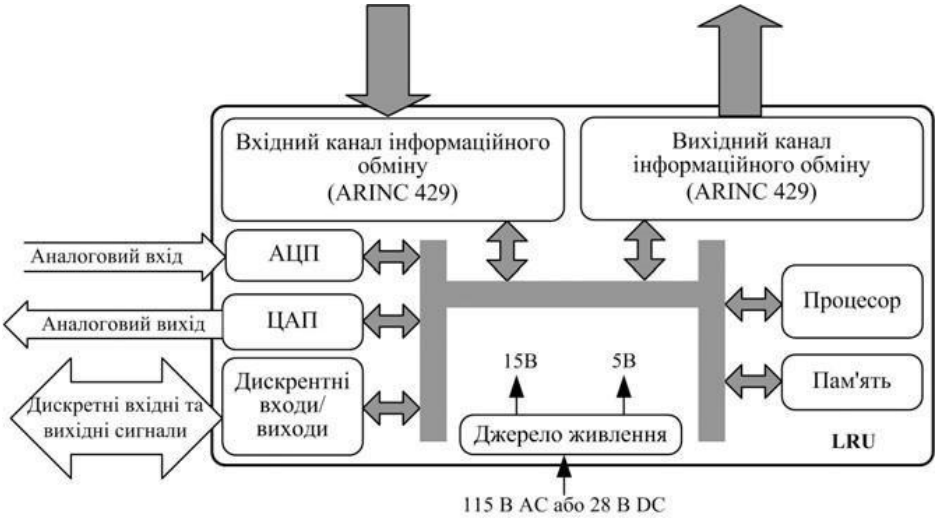


Рис.1. LRU функціональна структура

Блок LRU містить певну кількість цифрових входів та виходів для підключення до каналів інформаційного обміну з іншими системами і блоками LRU (наприклад, ARINC 429). Крім того, для зв'язку з датчиками LRU може мати певну кількість аналогових входів і виходів

разом з рознімами дискретних сигналів для приймання та передавання разових команд. Прикладом таких параметрів може бути максимальна швидкість обертання колінчатого валу двигуна, тиск оливи в системі мащення, тиск повітря в шинах, кут випередження запалення. В якості електричного ланцюга, вмикаємого між датчиком і сумуючим пристроєм, використані чотириполюсники, коефіцієнт передачі за напругою яких рівний величині визначеній із співвідношення (3), тобто конструктивно їх можливо виконати у виді дільника напруги на резисторах. Наприклад, якщо величина $\boldsymbol{h_i}$ для довільного параметру рівна 0,05, тоді відношення опору резисторів буде 19:1, де вибір абсолютних значень залежить від вихідного опору датчика і вхідного сумуючого пристрою.

1. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. 022100. https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100.

УДК 629.113

TO DETERMINE THE MANEUVERABILITY AND MOTION STABILITY OF TRAILED ROAD TRAIN

ДО ВИЗНАЧЕННЯ МАНЕВРЕНОСТІ І СТІЙКОСТІ РУХУ ПРИЧІПНОГО АВТОПОЇЗДА

[1]Володимир Сахно, [1]Віктор Поляков, [2]Роман Марчук, [2]Руслан Ільчук

[1]Національний транспортний університет, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010
[2]Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

The conducted studies have found that an increase in the critical speed of traffic is possible due to an increase in the base of the bus and trailer and a decrease in the coordinates of the center of mass of the bus (increased loading on the bus axle) and moving the coupling point of the bus and trailer closer to the centre of the bus mass. For road trains, the critical speed of straight-line traffic tends to exceed the rate of occurrence of oscillatory instability, i.e.

Безпечні системи громадського транспорту все більше розглядаються як важливий засіб безпечного підвищення мобільності населення, особливо в міських умовах, які страждають від зростаючих транспортних заторів. Цьому сприяє поява метробусів або «швидкісного автобусного транспорту» (Bus Rapid Transport, BRT).

Лінія метробусів – зазвичай це курсуючі автобуси особливо великої місткості (18-25 м). Їх основною відмінністю від звичайних міських маршрутів є те, що метробуси їздять окремою (виділеною) смугою з короткими інтервалами руху. Також важливою складовою BRT-системи є зупинки, що являють собою спеціальні термінали (станції), обладнані турнікетами, де відбувається сплата за проїзд [1]. Швидкість будівництва таких ліній, які можуть використовувати вже існуючі магістралі у містах, зазвичай займає 1-2 роки, тоді як будівництво метрополітену, трамвайних ліній може тривати 3-10 років.

Особливий розвиток метробуси отримали з появою триланкових автобусів, рис.1, які здатні перевозити до 300 пасажирів за раз, порівняно зі 180 пасажирами у дволанковому транспорті. Таким чином, триланкові автобуси, які рухаються з невеликим інтервалом (1-5 хв.) лінія метробуса може вирішити транспортні проблеми багатьох українських міст [1].

Рис. 1. – Рухомий склад в системі BRT – дво- або триланкові зчленовані автобуси, 18-25 м

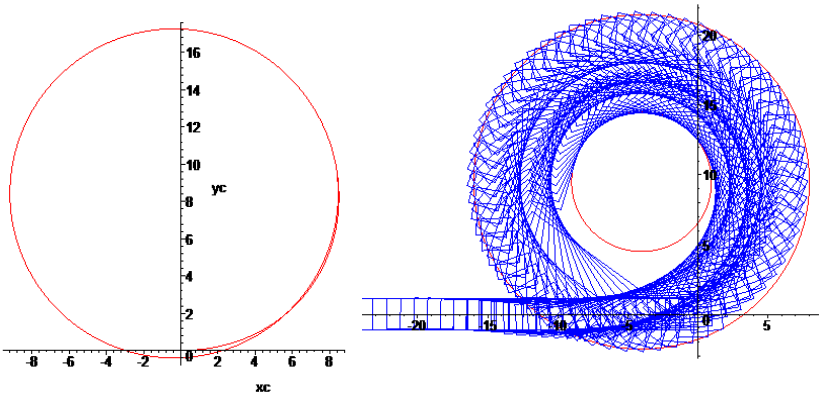
Поряд із беззаперечними перевагами триланкових зчленованих автобусів і тролейбусів їм притаманні і недоліки – гірша маневреність і стійкість руху у порівнянні з дволанковими. Крім того, ефективність експлуатації такого транспорту тісно пов'язана з пасажиропотоком, який протягом дня може суттєво варіюватися. Тому перспективним може стати автопоїзд у складі двох (або трьох) автобусів або тролейбусів, що працюють у зчіпці, пасажиромісткість яких аналогічна зчленованим автобусам і тролейбусам. У години пік працює автобусний поїзд, а у міжпіковий період – кожний автобус окремо.

У роботі [2] наведена система рівнянь, що описує плоскопаралельний рух автопоїзда, яка доповнена рівняннями для самовстановлювального колісного модуля (СКМ). Ця система диференціальних рівнянь описує модель руху дволанкового автопоїзда у загальному випадку як чотирьохмасової системи, яка враховує вплив керуючого колісного модуля (ККМ) автобуса та самовстановлювального колісного модуля причепа. Система дозволяє дослідити вплив конструктивних параметрів автобуса і причепа на показники маневреності і стійкості автопоїзда у плоскопаралельному русі за умови використання самовстановлювального колісного модуля. Ця система повинна бути доповнена рівняннями руху автопоїзда у поздовжньо-вертикальній і поздовжньо-поперечній площинах, отриманих в роботі [3].

Системи рівнянь, що описують плоскопаралельний рух і рух автопоїзда у поздовжньо-вертикальній і поздовжньо-поперечній площинах суттєво нелінійні і їх інтегрування навіть із залученням сучасної обчислювальної техніки викликає певні труднощі. Тому на першому етапі при визначенні показників маневреності і стійкості при коловому русі автопоїзда і виконанні різних маневрів приймемо, що автопоїзд рухається рівномірно ($v=const$), кути повороту зовнішнього і внутрішнього коліс автобуса однакові ($\theta_i = \theta'_i$) і кути повороту коліс осей причепа дорівнюють нулю. Таку схему автопоїзда визначимо як базову, з якою будемо порівнювати можливу схему управління причепом – за рахунок СКМ.

Показники маневреності автопоїзда, зокрема координати центра мас автобуса, кут складання автопоїзда, зовнішній і внутрішній габаритні радіуси, габаритна смуга руху (ГСР) автопоїзда, як і показники стійкості руху, визначалися шляхом інтегрування чисельними методами вихідної системи рівнянь як з некерованою причіпною ланкою, так і її управлінням за рахунок СКМ. Розрахунок показників маневреності автопоїзда і стійкості руху було виконано для автопоїзда у складі автобуса А70132 загальною масою 18250 кг і двовісного причепа загальною масою 16000 кг.

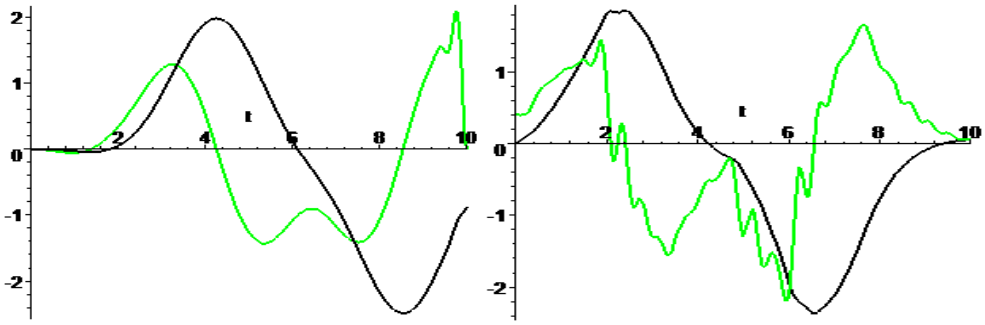
За обраними вихідними даними на першому етапі розрахунків визначалися координати центра мас автобуса. Розрахунки виконані як для автобуса з некерованим причепом, так і причепом, обладнаним СКМ за кута повороту керованих коліс автобуса $\theta = 0{,}57$ рад і СКМ причепа $\theta_4 = 0{,}24$ рад (при цьому забезпечується радіус повороту автобуса на рівні 10,2 м і внутрішній габаритний радіус повороту автопоїзда $R_{вг}$=5,3 м) і швидкості 5 м/с, коли відцентровими силами і креном ланок автопоїзда можна знехтувати.



а) *б)*

Рис. 2. – Траєкторія центра мас автобуса (а) і габаритна смуга руху автопоїзда (б)

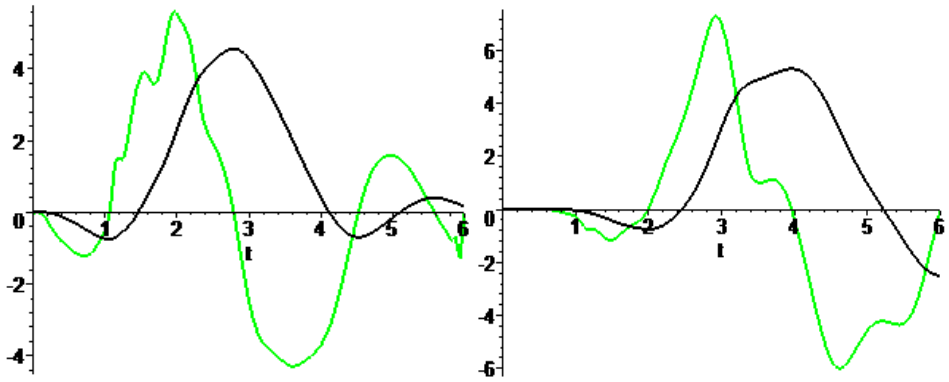
Аналіз результатів розрахунку наведених даних показує, що за швидкості 5 м/с (рис. 2) автобус з некерованим причепом не задовольняє вимогам Директиви ЄС ($R_{зг}$=12,98 м, $R_{вг}$=5,3 м, $B_г$=7,68 м), у той час як автопоїзд з управлінням за рахунок СКМ причепа ($R_{зг}$=12,5 м, $R_{вг}$=5,42 м, $B_г$=7,08 м), цим вимогам задовольняє. При цьому поперечна швидкість і поперечне прискорення центру мас причепа при вході автопоїзда в поворот за швидкості 5 м/с не перевищує 1,4 м/с^2 для некерованого причепа (рис. 3, а) і 1,6 м/с^2 для керованого причепа (рис. 3, б), що свідчить про стійкість у цьому режимі обох автопоїздів.



а) б)

Рис. 3. – Зміна бічної швидкості і бічного прискорення центру мас причепа при вході автопоїзда в поворот за швидкості 5 м/с: (а) – автопоїзд з некерованим причепом, (б) – автопоїзд з причепом із СКМ

Проте при збільшенні швидкості руху автопоїзда до 10 м/с (рис. 4) різко збільшуються прискорення причепа (прискорення автобуса для обох автопоїздів не перевищують 4,25 м/с^2, тобто рух автобуса є стійким), які хоч і менші для автопоїзда з некерованим причепом (5,83 м/с^2) у порівнянні з автопоїздом з керованим причепом за рахунок СКМ (6,78 м/с^2), проте більші максимально допустимих. При цьому обидва поїзди володіють недостатньою повороткістю, що може служити запорукою стійкості руху.



а) б)

Рис. 4. – Зміна бічної швидкості і бічного прискорення центру мас причепа при вході автопоїзда в поворот за швидкості 10 м/с : (а) – автопоїзд з некерованим причепом, (б) – автопоїзд з причепом із СКМ

На рис. 5 наведені траєкторії руху окремих ланок автопоїзда при повороті на 90°. Характерною особливістю такого повороту є те, що на вході в поворот причіп із СКМ зміщується у зовнішню по відношенню до центра повороту сторону, а на виході з повороту – у внутрішню. За однакового характеру зміщень ГСР автопоїзда із СКМ причепа (5,9 м) значно менша у порівнянні з автопоїздом з некерованим причепом (6,8 м).

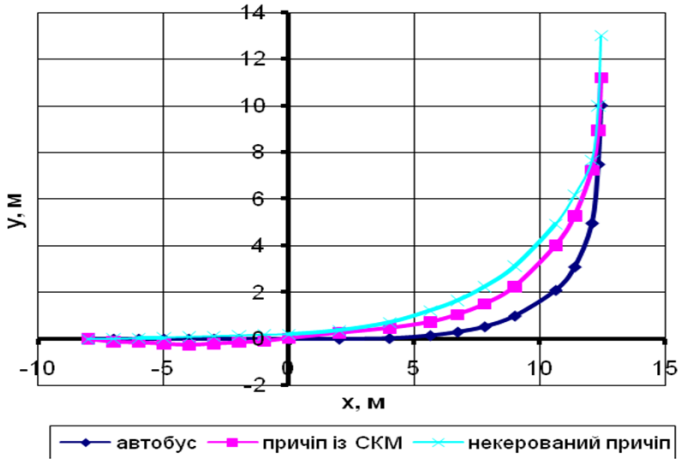


Рис. 5. – Траєкторії руху центрів мас ланок автопоїзда при його повороті на 90º

Дещо інші результати отримані для автопоїздів при виконанні маневру «ISO» за швидкості 10 м/с. Відмічені напрямки зміщення траєкторії причепа із СКМ призводять до збільшення поперечних прискорень центру мас напівпричепа. Якщо для автопоїзда з некерованим причепом поперечні прискорення ще не призводять до порушення стійкості автопоїзда, то для автопоїзда з керованим причепом за рахунок СКМ мають місце значні поперечні коливання причепа, що потребує зменшення швидкості виконання маневру для забезпечення стійкості автопоїзда.

Про стійкість автопоїзда у прямолінійному русі можна судити по величині критичної швидкості руху автопоїзда та швидкості появи коливальної нестійкості. Ці швидкості були розраховані за методикою, представленою у роботі [4]. Для цього вихідна система рівнянь була лінеаризована. Після цього був знайдений визначник системи, розв'язок якої чисельними методами за допомогою програмного забезпечення Maple 14 і дав критичну швидкість руху автопоїзда.

Встановлено, що для автопоїзда з некерованим причепом критична швидкість складає $V_{кр}$=35,21 м/с, а для автобуса з керованим причепом за рахунок СКМ $V_{кр}$=15,14 м/с. Оскільки критична швидкість автопоїзда значно менша максимальної швидкості його руху, то при досягненні цієї швидкості СКМ причепа повинен блокуватися і тоді автопоїзд з керованим причепом перетворюється в автопоїзд з некерованим причепом. Також встановлено, що за швидкості 5 м/с автобус з некерованим причепом не задовольняє вимогам Директиви ЄС ($R_{зг}$=12,98 м, $R_{вг}$=5,3 м, $B_г$=7,68 м), у той час як автопоїзд з управлінням за рахунок СКМ причепа ($R_{зг}$=12,5 м, $R_{вг}$=5,42 м $B_г$=7,08 м) цим вимогам задовольняє. При цьому поперечна швидкість і поперечне прискорення центру мас причепа при вході автопоїзда в поворот за швидкості 5 м/с не перевищує 1,4 м/с^2 для некерованого причепа і 1,6 м/с^2 для керованого причепа , що свідчить про стійкість у цьому режимі обох автопоїздів.

1. http://urbanua.org/dosvid/zakordonni-pryklady/225/Автоцентр.ua › kommercheskie › avtobus-s-pritsepom-274056.

2. Сахно В.П До розробки математичної моделі автопоїзда з причепом категорії О1 у поперечній площині // В.П. Сахно, С.М. Шарай, І.С. Мурований,, І.В. Човча // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцький НТУ, 2021. - №2(17). – С.151-161.

3. Сахно В.П., Шарай С.М., Мурований І.С., Човча І.В. До визначення стійкості руху триланкових автопоїздів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: ЛНТУ, 2022. – No1(18). С.155-166. ISSN 2313-5425.

4. Сахно В.П. та ін. Шарнірно-зчленовані автобуси. Маневреність та стійкість: монографія / В.П. Сахно, В.М. Поляков, С.М. Шарай, І.С. Мурований, О.Є. Омельницький. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2021. - 288 с.

УДК 629.33-027.33

GROUNDING OF EDDY CURRENT SEPARATION PARAMETERS FOR AUTOMOBILE UTILIZATION TECHNOLOGY

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИХРОСТРУМОВОЇ СЕПАРАЦІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

Олександр Стадник[1, 2], Євгеній Кнап[1]

[1] Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028
[2] Науково-виробнича фірма «Продекологія»

Modeling of the eddy current separation process was done, which allowed to ground the possibility of copper and aluminum particles selective separation. As a result of the experiment, the possibility of obtaining an aluminum concentrate with a purity of 96.3% was confirmed.
Keywords: car, recycling, non-ferrous metal, induction sorting, eddy current separator.

Сьогодні кількість автомобілів, що вже вийшли з експлуатації та підлягають утилізації, становить близько 170 тис. на рік. Враховуючи швидкість старіння сучасного автопарку кількість автомобілів, що можуть вийти з експлуатації через 10 років може зрости удвічі. До того ж стрімко почала зростати частка електромобілів, термін В таких умовах необхідним буде використання сучасних високопродуктивних шредерних технологій утилізації автомобілів.

Автомобілі, що вийшли з експлуатації є ресурсами вторинної сировини. До їх складу входять 67-72,2% сталі та чавуну, 8–12% пластиків, 6,2–8% кольорових металів та інші матеріали.

Після виділення суміші кольорових металів та сплавів вихрострумовою (електродинамічною) сепарацією в шредерній технології утилізації автомобілів ці метали необхідно розділити за типами вихрострумовою, важкосередовищною чи x-ray сепараціями після додаткового подрібнення у шредері для можливості їх подальшого використання.

Основною метою роботи є обґрунтування можливість селективного розділення частинок міді, алюмінію та пластику після тонкого подрібнення з розмірами 5–10 мм для отримання товарних продуктів з чистотою понад 95%.

У процесі вихрострумової сепарації (рис.1) на частинку продукту діють: сила тяжіння F_m, електродинамічна сила $F_{ед}$ та відцентрова сила $F_в$. Електродинамічна сила діє лише на електропровідні частинки та відкидає їх з основного потоку продукту. Сам процес можна розділити на два етапи: рух частинки по барабану до моменту відриву (ділянка 1–2); рух частинки після відриву від барабану (ділянка 2–3).

Відцентрова сила що діє на частинку визначається за формулою

$$F_в = \frac{mv^2}{R}, \text{ Н}, \quad (1)$$

де m – маса частинки, кг; v – швидкість руху частинки на поверхні барабану сепаратора, м/с; R – радіус траєкторії руху частинки по поверхні барабану, м.

Відцентрова сила діє на частинку лише під час руху по поверхні барабану тобто на ділянці 1–2.

Сила тяжіння діє на частинку на всіх ділянках руху і визначається за формулою

$$F_m = mg, \text{ Н}, \quad (2)$$

де g – прискорення вільного тяжіння

Електродинамічну силу, що діє на частинку визначають за відомою формулою:

$$F_{ед} = mB^2 v_m \left(\frac{l}{s}\right)^2 \left(\frac{\sigma}{\rho}\right)^2, \text{ Н}, \tag{3}$$

де m – маса частинки, кг; B – магнітна індукція, Тл; v_m – швидкість бігучого магнітного поля, м/с; l – довжина частинки, м; s – крок магнітних полюсів, м; σ – електропровідність матеріалу частинки, См/м, ρ – густина частинки, кг/м^3.

Кут відриву визначаємо спроектувавши електродинамічну та відцентрову сили на вісь y за формулою

$$\alpha = \arccos\frac{F_в + F_{ед}}{F_m}, \tag{4}$$

Якщо частинка неелектропровідна то електродинамічна сила рівна нулю.

Після відриву на електропровідну частинку діє сила тяжіння та електродинамічна сила. На неелектропровідну частинку діє лише сила тяжіння.

В загальному випадку рівняння руху частинки мають вигляд

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{F_{ед}\sin\alpha}{m}, \\ \ddot{y} &= \frac{F_{ед}\cos\alpha - F_m}{m} \end{aligned} \tag{5}$$

Після відриву sin α та cos α будемо визначати за формулами

$$\begin{aligned} \sin\alpha &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \\ \cos\alpha &= \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{aligned} \tag{6}$$

Початкові умови для розв’язування рівнянь (5):

Координати центру мас частинки у точці відриву 2: $x_0=x(t_0)$, $y_0=y(t_0)$. Початкова швидкість у момент відриву (у точці 2): $v_{x0}=-\omega(R+d/2)\cos\alpha$, $v_{y0}=-\omega(R+d/2)\sin\alpha$.

Значення електродинамічної сили залежить від відношення провідності до густини електропровідних частинок, яке в алюмінію значно більше як у міді та латуні, тому є теоретична можливість розділення цих частинок за типами вихрострумовою сепарацією.

Моделювання процесу виконано шляхом розв’язання системи рівнянь (5) числовим методом Ейлера. Значення діючої електродинамічної сили на поверхні барабану для частинок алюмінію становило 5g, для частинок міді – 1,8g. Розмір характерної частинки був прийнятий 10 мм.

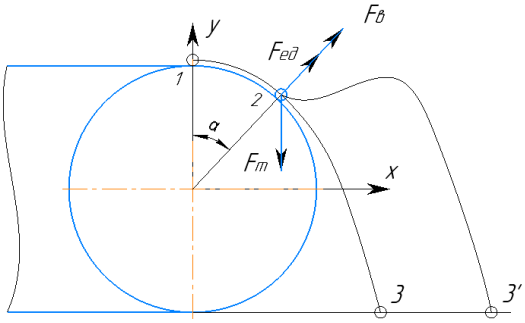
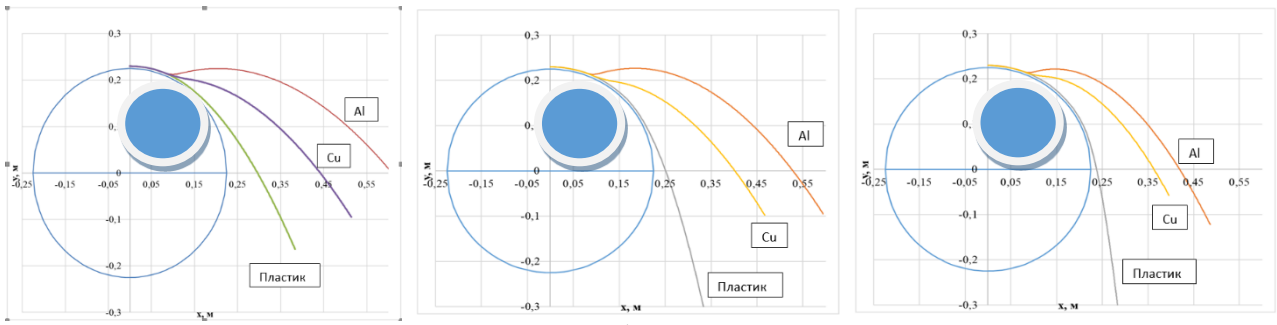


Рис. 1. Схема дії сил у процесі вихрострумової сепарації

Результати моделювання вихрострумової сепарації при якому досліджені рухи частинок алюмінію міді та пластиків при швидкостях обертання барабану вихрострумового сепаратора 60, 50 та 40 об/хв та швидкості обертання магнітного ротора 3000 об/хв зображен на рис.2. Найкращого ділення продуктів можна досягнути при швидкості обертання барабану вихрострумового сепаратора 60 об/хв. При збільшенні швидкості частинки відриваються від барабану у точці 1 (рис. 1), не досягнувши зони дії електродинамічних сил.



а *б* *в*

Рис. 2. Результати моделювання руху частинок Al, Cu та пластику на вихрострумовому сепараторі: а – при швидкості обертання барабану 60 об/хв; б – при швидкості обертання барабану 50 об/хв; в – при швидкості обертання барабану 40 об/хв

Експериментальні дослідження були виконані на вихрострумовому сепараторі НВФ «Продекологія» (рис. 3).

Для досліджень була використана модельна проба що включала частинки елементів автомобілів з алюмінію (63,8%,) міді (8,3%) та бронзи (27,9%) класу крупності 5–10 мм. Отримані результати наведені в табл. 1.

Рис. 3. Фото вихрострумового сепаратора ВС-33/50 НВФ «Продекологія»

Таблиця 1

Результати вихрострумової сепарації суміші кольорових металів та їх сплавів на вихрострумовому сепараторі

Назва продукту	Масовий вихід, %	Вміст алюмінію, %	Вміст міді, %	Вміст бронзи, %
Вихідний	100,0	63,8	8,3	27,9
Провідний	52,1	96,3	3,7	0
Непровідний	47,9	28,4	13,4	58,2

Отже, на основі експериментальних досліджень встановлено, що з лому автомобільних деталей, що виготовлені з алюмінію, бронзи та міді можна виділити алюмінієвий продукт з чистотою 96,3%, який придатний для подальшого рециклінгу. Решту продукту можна доочистити іншими методами, зокрема x-ray сепарацією, яка є більш дорогим методом. Використання вихрострумової сепарації перед x-ray сепарацією дозволить зменшити продуктивність останньої, що забезпечить підвищення економічної ефективності технології сортування кольорових металів.

1. *Кужель В.П., Калашнюк Ю.В. Шляхи утилізації автомобілів, які відпрацювали свій строк. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/ 123456789/11117/749.pdf?sequence=3&isAllowed=y (дата звернення 10.10.2022 р.).*

2. *Бойченко С. В., Іванченко О. В., Лейда Казимір, Фролов В. Ф., Яковлєва А. В. (за редакцією професора С. В. Бойченка). Екологістика, рециклінг і утилізація транспорту: навчальний посібник. К.: НАУ, 2019. 266 с.*

3. *Пелевин А.Е. Магнитные и электрические методы обогащения. Магнитные методы обогащения: учебник. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2018. - 296 с.*

УДК 656.13

ANALYSIS OF THE VEHICLE OPERATION SYSTEM

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Хаврук Володимир

Національний транспортний університет,
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010

Система технічної експлуатації – це комплекс інженерно-технічних і організаційних заходів, що гарантують ефективне використання автотранспортних засобів (АТЗ), високу надійність (високий коефіцієнт технічної готовності), паливну економічність і безпеку руху, низьку собівартість технічного обслуговування.

Як сфера практичної діяльності технічна експлуатація автомобілів (ТЕА) – це комплекс взаємозалежних технічних, економічних, організаційних і соціальних заходів, що забезпечують:

1) своєчасну передачу службі перевезень або зовнішній клієнтурі працездатних автомобілів необхідної номенклатури й кількості й у потрібний для клієнтури час;

2) підтримка автомобільного парку в працездатному стані при:

– раціональних витратах трудових і матеріальних ресурсів;

– нормативних рівнях дорожньої та екологічної безпеки;

– нормативних умовах праці персоналу.

Ефективність ТЕА забезпечується інженерно-технічною службою (ІТС), яка реалізує мету і завдання ТЕА, яка, при цьому, виступає етапом життєвого циклу автомобільного транспортного засобу (рис. 1).

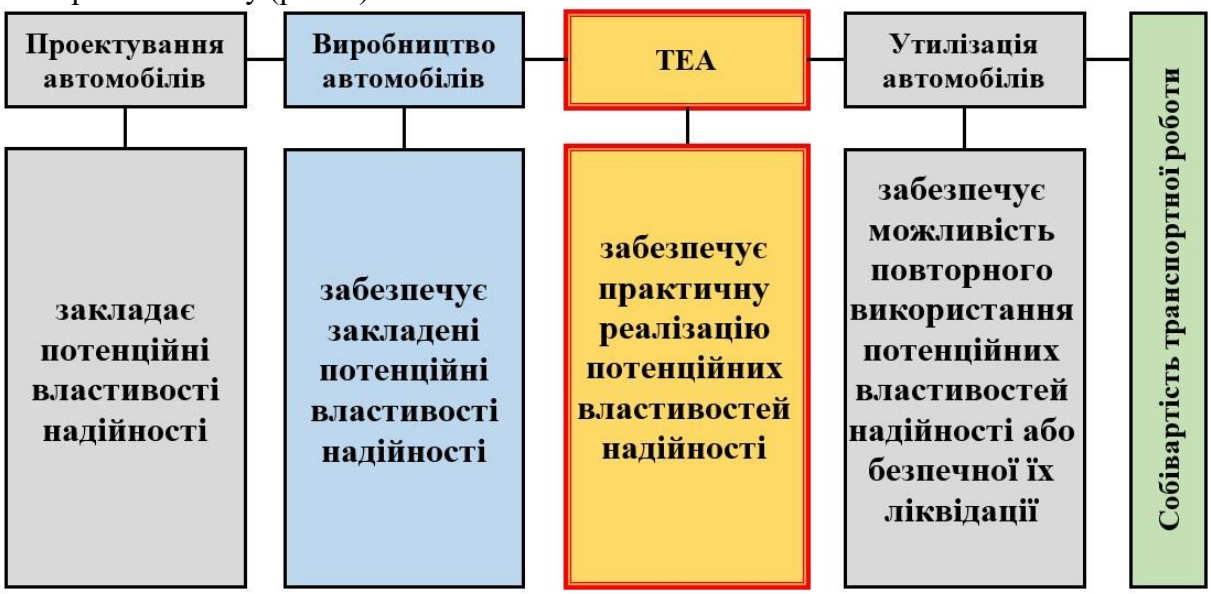


Рис.1. Етапи «життєвого циклу» автомобілів [1, с.10]

Таким чином, технічна експлуатація автомобілів є однією з підсистем автомобільного транспорту, який включає також підсистему комерційної експлуатації (КЕ), або службу перевезень і підсистему управління (У).

В залежності від виду автотранспортних підприємств і спеціалізації їх діяльності підсистема технічної експлуатації автомобілів організаційно й економічно може виступати в якості:

1) виробничої структури (підсистеми) конкретного підприємства або їх об'єднань (транспортна компанія, холдинг, комерційне автотранспортне підприємство), що здійснює поряд з перевезеннями підтримку парку в працездатному стані;

2) незалежного суб'єкта підприємництва, що надає платні послуги власникам різноманітних автотранспортних засобів усіх форм власності.

У першому випадку головний внесок ТЕА полягає в тому, що вона забезпечує підсистему комерційної експлуатації підприємства працездатними й технічно справними транспортними засобами, тобто забезпечує саму можливість реалізації транспортного процесу. Завдання підсистем комерційної експлуатації й управління – найбільш ефективно використовувати автомобілі, одержати дохід і розрахуватися із системою ТЕА відповідно до її фактичного внеску в транспортний процес і отриманим прибутком. Іншими словами, між підсистемами підприємства (або групи підприємств) встановлюються організаційно-управлінські й виробничо-господарські відносини й зв'язки.

У другому випадку, широко розповсюдженому в ринкових умовах, система технічної експлуатації трансформується в сервісну систему (автосервіс).

Сервіс (сервісна система) – сукупність засобів, способів і методів надання платних послуг з придбання, ефективного використання, забезпечення працездатності, економічності, дорожньої й екологічної безпеки автотранспортних засобів протягом всього строку їх служби.

Розвиток автотранспортного комплексу вимагає вдосконалювання системи технічної експлуатації автомобілів, що диктується сукупністю об'єктивних і суб'єктивних причин. Серед яких [1, с.11]:

– інтенсивний розвиток автомобільного транспорту і його роль у транспортній системі;

– економія трудових, матеріальних, паливно-енергетичних і інших ресурсів, необхідних для технічної експлуатації автомобілів, при здійсненні транспортного процесу;

– забезпечення транспортного процесу надійно працюючим рухливим складом.

Надійність автомобілів може забезпечуватися – з одного боку, за рахунок підвищення надійності автомобілів і їх складових частин на етапах проектування й виробництва шляхом виготовлення деталей з нових матеріалів з більш високими експлуатаційними властивостями, застосування високопродуктивних і – технологічних процесів (електроіскрове легування, лазерна обробка й ін.), розробки й обґрунтування прогресивних конструктивних і технологічних рішень і т.д., а з іншого сторони – за рахунок удосконалювання методів і способів технічного обслуговування, ремонту (метод додаткової ремонтної деталі, метод ремонтних розмірів та ін.) і забезпечення більш сприятливих умов експлуатації (шляхом обґрунтованого визначення режимів роботи, які певні умовами змащення, температурного й силового навантаження й т.п.).

Таблиця 1

Розподіл ресурсів і засобів за строк їх амортизації при виготовленні, технічному обслуговуванні, поточному і капітальному ремонтах [1, с.12]

Техніко-економічні показники	Виготовлення автомобіля	Технічне обслуговування	Поточний ремонт	Капітальний ремонт
Розподіл розрахункових капіталовкладень по окремих сферах (без врахування вартості рухомого складу)	11,4	84,4	–	4,2
Питомі співвідношення витрат на виготовлення автомобіля й подальша підтримка його працездатності за амортизаційний строк	13,0	25,0	50,0	12,0
Розподіл трудових ресурсів за строк служби автомобіля	1,4	45,4	46,0	7,2
Витрата металу за строк служби автомобіля	43,0	36,0	36,0	21,0

Отже основна частка матеріальних витрат і трудових ресурсів у процесі експлуатації припадає на ТО і ремонт автомобілів (табл. 1; рис. 2). Тому оптимізація цих процесів при досягненні заданого рівня експлуатаційної якості буде одним із завдань даної роботи.

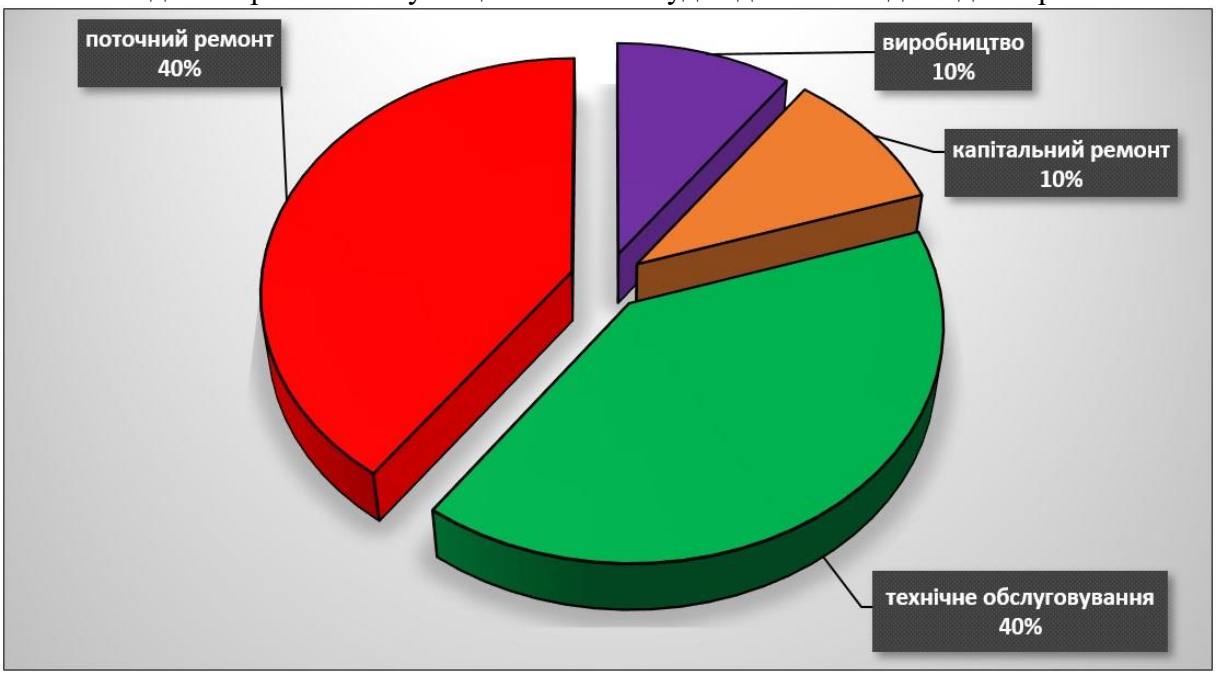


Рис.2. Приблизна структура трудових витрат за «життєвий цикл» вантажного автомобіля

Вимоги до надійності транспортних засобів підвищуються у зв'язку із збільшенням швидкості й інтенсивності руху, потужності двигунів, вантажопідйомності й місткості автомобілів, а також технологічному й організаційному зв'язками автотранспорту з обслуговуючими підприємствами та іншими видами транспорту [2].

Технічна експлуатація автомобілів передбачає своєчасне виконання переліку регламентних робіт, що включені в технічне обслуговування (ТО) для конкретної марки і моделі автомобіля через чітко визначені пробіги автомобілів згідно технічної документації. Автотранспортні підприємства, які використовують імпортні автомобілі, в більшості випадків звертаються до автосервісів, які і виконують ТО.

Режим, інтенсивність експлуатації автомобілів буде визначати обсяги поточних і капітальних ремонтів. Так, імпортні вантажні автомобілі (наприклад, Man, Volvo) вважаються надійними, але у випадку несправностей, поточний ремонт (ПР) зможуть виконати тільки спеціалізовані автосервіси.

Поточний ремонт, спрямований на усунення відмов і несправностей, що виникають під час експлуатації автомобіля, здійснюється в автосервісах і передбачає часткове розбирання автомобіля, заміну окремих несправних агрегатів, вузлів та деталей новими або відремонтованими, складання й випробування [3, с.15].

Капітальний ремонт (КР) спрямований на відновлення частково або повністю витраченого ресурсу автомобіля (агрегату) передбачає повне розбирання автомобіля та його агрегатів, ремонт чи заміну всіх несправних агрегатів, вузлів і деталей, у тому числі базових, а також складання, регулювання та випробування [3, с.15].

Як показує практика, капітальний ремонт виконують для автомобілів МАЗ, КамАЗ, а для імпортних автомобілів капітальний ремонт не проводиться, оскільки всі агрегати мають великі ресурси і вони дуже вартісні, у випадку виходу із ладу агрегата – виконується його заміна на новий, тобто застосовується агрегатний метод ремонтів.

У технічній експлуатації автомобілів можна виділити кілька систем (тактик) з технічного обслуговування й ремонту автомобілів: за напрацюванням (пробігом), систему

обслуговування за станом й змішану, що поєднує в собі елементи перших двох систем (рис. 3).

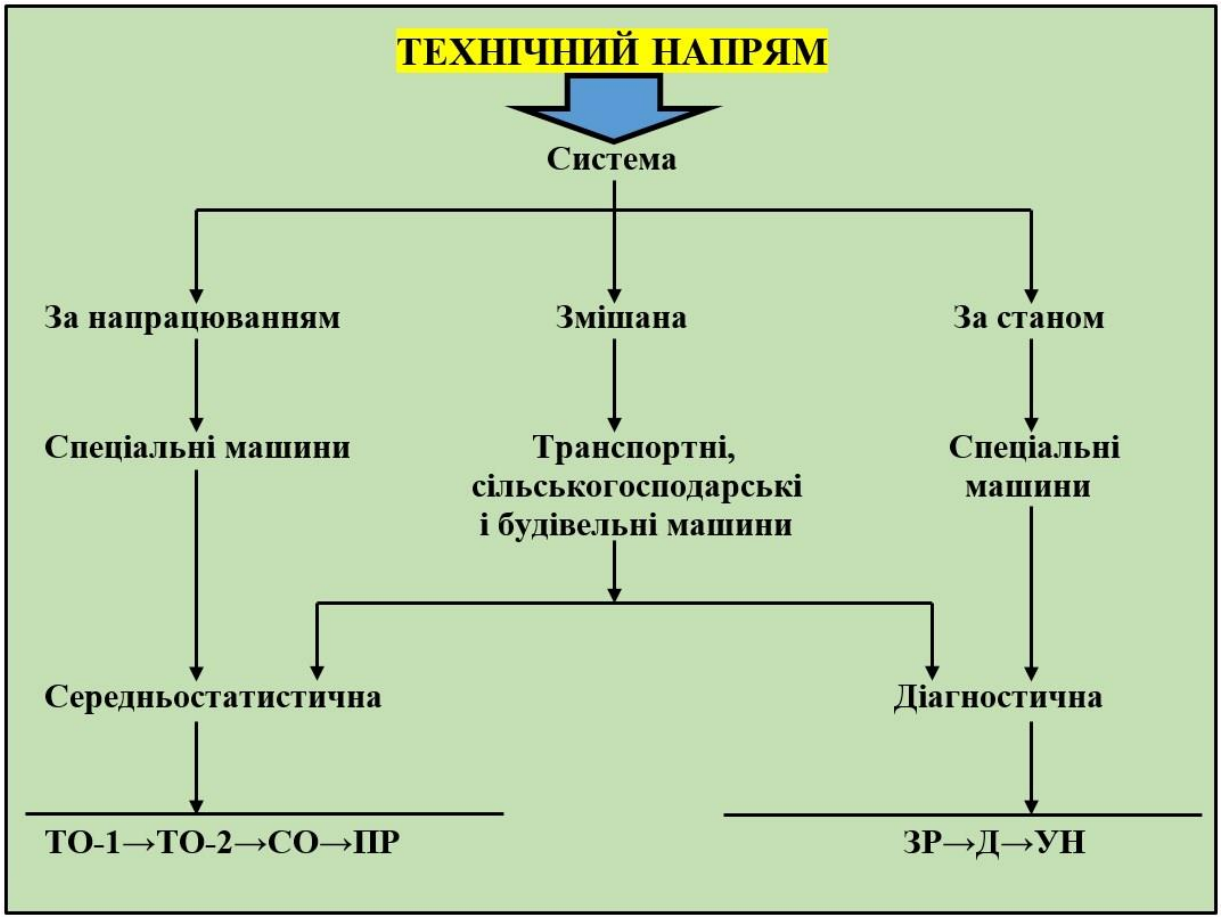


Рис.3. Схема організації технічного обслуговування і ремонтів машин

Деякі автори виділяють чотири стратегії [4, с.188]:

1) виконання технічного обслуговування за напрацюванням, коли перелік і періодичність виконання операцій визначаються значенням напрацювання виробу з початку експлуатації або після капітального ремонту;

2) виконання технічного обслуговування за технічним станом, коли перелік і періодичність виконання операцій визначається фактичним технічним станом виробу в момент початку технічного обладнання;

3) ремонт за напрацюванням, за якого обсяг розбирання виробу та дефектування його складових частин назначається єдиним для парку однотипних виробів залежно від напрацювання, а перелік операцій з відновлення визначається на основі дефектування складових частин;

4) ремонт за технічним станом, коли перелік операцій визначається за результатами діагностування виробу в момент початку ремонту.

Але фактично перша і третя – це стратегії за напрацюванням, друга і четверта – це стратегії за технічним станом, тому в даному випадку можливо стверджувати тільки про підвиди двох стратегій ТО і ремонтів.

Суть системи за напрацюванням полягає в тому, що через певний пробіг, незалежно від технічного стану агрегатів, виконується технічний вплив (певний вид технічного обслуговування, ремонт, заміна). Це найбільш проста й розповсюджена модель застосовується як для автомобільного транспорту, так і для спеціальних машин. При такій системі значна частина ресурсу не використовується, тому вона дуже неекономічна (вартісна). Найбільш ефективно її застосовувати для вузлів і деталей, від яких залежить безпека руху. При

обслуговуванні по наробітку (І-1) усім виробам при досягненні призначеного наробітку I_{TO} (періодичність ТО) виконується встановлений (регламентний) обсяг профілактичних робіт (заміна олив і мастил, регулювання гальмівних механізмів та ін.), а параметри технічного стану або якості матеріалів доводять до номінального або близького до значення.

Ця тактика проста в застосуванні й гарантує працездатність автомобільного компонента (АК) з ймовірністю R = 1 – F. Її недолік полягає в тому, що в умовах неминучої варіації показників технічного стану значна частина АК має потенційний напрацювання до відмови (запас ресурсу) встановлену періодичність, що суттєво перевершує, ТОх >> ІТО для цих АК (або випадків) технічне обслуговування з періодичністю I_{TO} є як би передчасним і викликає додаткові витрати [5, с.43].

Суть системи за станом інша – технічний вплив здійснюється при досягненні контрольованим параметром свого критичного рівня (гранично припустимого стану). Ця система дозволяє не робити «зайвих» ремонтів, якщо ризик відмови невеликий. Вона більш дешева (економічна), але вимагає постійного або періодичного вимірювання контрольованих (діагностичних) параметрів. Для її здійснення необхідне спеціальне контрольно-діагностичне обладнання.

В дослідженнях вказується, що стратегії технічного обслуговування і ремонту за технічним станом дають можливість зменшити витрати на виконання технічного обслуговування і ремонту орієнтовно на 30% [4, с.188; 6].

Аналіз існуючих методів визначення необхідності проведення ТО дозволяє вказати, що всі вони призначені для реалізації тактики проведення ТО і ПР за напрацюванням, тобто для середньостатистичного автомобіля [7].

Найбільш перспективним вважається перехід від планово-запобіжної до стратегії технічного обслуговування по стану [7; 8]. Така стратегія дозволяє зменшити витрати на обслуговування АТЗ у випадку непрогностичності навантажень і умов експлуатації. У випадку зменшення навантаження на АТЗ і, відповідно, неповного використання його ресурсу планово-запобіжна стратегія обслуговування не в змозі адекватно оцінити й використовувати це при плануванні наступного етапу технічного обслуговування. Однак, самі засоби контролю технічного стану АТЗ потребують великих капіталовкладень і кваліфікованого обслуговування, що знижує ефективність їх використання.

1. Воробьёв С. А. Методика оценки влияния условий эксплуатации на техническую готовность автотранспортных средств : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. Санкт-Петербург, 2013. 205 с.

2. Хасанов Р. Х. Основы технической эксплуатации автомобилей : учеб. пособие. Оренбург : ГОУ ОГУ, 2003. 193 с.

3. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник. 6-е вид. Київ : Либідь, 2006. 400 с.

4. Шалько А. В., Сидорчук О. В., Чайковський Б. П. Аналіз стратегій технічного обслуговування та ремонту пожежних машин. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького. Львів, 2015. Том 17 №4(64). С. 187−191.

5. Прохоров В. Л. Повышение эффективности функционирования автобусов в условиях мегаполиса (методология, термины, практика) : монография. Москва : МАДИ, 2006. 393 с.

6. Клейнер Б. С., Тарасов В. В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Организация и управление. Москва : Транспорт, 1986. 237 с.

7. Ясенков Е. П. Предпосылки для разработки методики планирования оптимальных режимов технического обслуживания автомобилей. Лесной Вестник. Мытищи, 2006. №6. С. 111.

8. Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. 4-е изд., перераб. и доп. / Е. С. Кузнецов и др. Москва : Наука, 2001. 573 с

УДК 629.083

THE SIGNIFICANCE OF TECHNICAL DIAGNOSTICS IN THE ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES

ЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ В ОЦІНЦІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Хітров Ігор

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Діагностика (технічна) – галузь знань, що досліджує технічний стан об'єктів діагностування і прояв технічних станів, розробляючи методи їх визначення, а також принципи побудови і організацію використання систем діагностування [1].

Об'єктом технічного діагностування виступає, як правило, транспортний засіб, стан якого визначають без його розбирання, або з частковим підрозбиранням, ним також може бути і агрегат, вузол або механізм.

Технічний стан транспортного засобу характеризується певними параметрами, які можна оцінити (перевірити) за допомогою розроблених методів діагностування (контролю). Розрізняють структурні параметри, що безпосередньо характеризують працездатність транспортного засобу (наприклад, безпосереднє вимірювання величини зносу, зазору, натягу та ін.), так і непрямої дії – діагностичні (наприклад, потужність двигуна, тиск масла у системі, величина ступеня стику циліндро-поршневої групи двигуна), відхилення від нормативних даних буде свідчити про несправність транспортного засобу (вузла). Діагностичні параметри відображають зміну структурних.

Заключення про технічний стан транспортного засобу в цілому, здійснюється на основі аналізу параметрів технічного стану під час діагностування називається технічним діагнозом.

Виходячи з технічного діагнозу приймають рішення про можливість подальшої експлуатації транспортного засобу, необхідний обсяг робіт з технічного обслуговування або ремонту. В рішенні вказують на необхідність: виконання конкретних робіт з технічного обслуговування; поточного або капітального ремонту, вказують залишковий ресурс деталей тощо [2].

Основними завданнями діагностування є [3]:

- контроль технічного стану, а саме перевірка справності і працездатності транспортного засобу в цілому і (або) його складових частин зі встановленою вірогідністю правильності діагностування;
- пошук дефектів, які порушують справність і (або) працездатність транспортного засобу
- збір початкових даних для прогнозування залишкового ресурсу або вірогідності безвідмовності роботи транспортного засобу в міжконтрольний період.

Прогноз – розділ діагностики, який передбачає на основі попереднього аналізу, зміну технічного стану транспортного засобу на перспективу.

Прогнозування ресурсу ґрунтується на результатах діагностування і зводиться до визначення залишкового ресурсу з'єднань, агрегатів і механізмів транспортного засобу.

Вихідними даним для визначення (прогнозування) залишкового ресурсу транспортних засобів є номінальне $П_н$ і граничне $П_{гр}$ значення параметра стану об'єкта, а також часова закономірність його зміни в процесі експлуатації.

Середньостатистичні закономірності зміни параметрів залежно від часу можуть бути представлені з певним наближенням у вигляді степеневої функції [4, 5]

$$U(t) = v_c \cdot t^{\alpha} + z, \quad (1)$$

де v_c – постійний для конкретного агрегату, але різний для однойменних елементів показник швидкості зміни параметра;

t – напрацювання (пробіг, км) транспортного засобу;

α – показник степеневої функції;

z – функція випадкового процесу відхилення фактичної зміни параметра від його математичного очікування.

Показники v_c, α, z визначають на основі попередньої інформації про зміну параметрів стану для даного виду елементу транспортного засобу.

При технічному діагностуванні визначають фактичне значення параметру стану U в момент контролю. Це значення порівнюють з допустимим $U_д$. Якщо $U > U_д$, то проводиться ремонтна операція; якщо $U \le U_д$, то елемент залишають для наступного контролю.

Залишковий ресурс елемента $t_{зал}$ визначають на основі замірів параметрів стану U, граничного значення параметра $U_{гр}$ і характеру зміни параметру $U(t)$ [3-5]

$$t_{зал} = t \cdot \left(\sqrt[\alpha]{\frac{U'_{гр}}{U'}} - 1 \right), \quad (2)$$

де t – напрацювання між замірами або з початку експлуатації;

$U'_{гр}$ – граничний ресурс параметра, рівний $П_{гр} - П_н$;

U' – зміна параметру в момент контролю, рівний $П_з - П_н$;

Для зручності визначення прогнозованого ресурсу під час діагностування застосовують спеціальні довідкові або базові таблиці-графіки, номограми та інші засоби.

Аналітичний вираз (2) для визначення залишкового ресурсу $t_{зал}$ в загальному вигляді незручний для проведення розрахунків. Значно простіше використовувати універсальні номограми [4, 5].

При використанні номограми враховується характеристика шкал (рис. 1).

Вертикальна шкала зліва використовується для значень граничної величини параметра $U_{гр} = П_{гр} - П_н$. Права вертикальна шкала є шкалою залишкового ресурсу $t_{зал}$. Горизонтальна шкала застосовується для визначення значень $t_{зал} / t$.

Нижня частина номограми. Кожну із шкал $t_{зал} / t$ або K застосовується при заданому значенні показника степені α (значення показника дано біля шкали).

При виконанні дій по номограмі застосовується одна і та ж одиниця вимірювання параметру (в сотих, десятих долях, десятках або сотнях) і напрацювання (в десятках, сотнях або тисячах) так, щоб вони відповідали порядку цифр на шкалах і лініях.

Послідовність визначення залишкового ресурсу $t_{зал} U_{гр} \to U(t)$ (похилі лінії) $\to$ $t_{зал} / t$ (шкала для заданого α) $\to$ t (похилі лінії) $\to$ $t_{зал}$.

Виконання дій по номограмі:

1. Вирахувати зміну параметру до моменту контролю $U(t) = (П_з - П_н)$ (береться абсолютне значення без врахування знака) і граничну зміну параметра $U_{гр} = (П_{гр} - П_н)$;

2. Відмітити на шкалі $U_{гр}$ верхньої частини номограми значення $U_{гр}$ (точка A) в сотих, десятих долях, або десятках одиниць;

3. Провести горизонталь *АБ* до похилої лінії, позначеної $U(t)$ в тих же одиницях;

4. Опустити вертикаль *БВ* в нижню частину номограми до шкали, яка позначена заданим значенням α;

5. Визначити по шкалі числове значення, яке відповідає точці B, і перенести його

значення на верхню шкалу верхньої частини номограми (точка B_1);

6. Від точки B_1 упустити вертикаль $B_1Г$ до похилої лінії, яка відмічена значенням напрацювання t в тисячах, сотнях або десятках одиниць напрацювання;

7. Від точки $Г$ провести горизонталь $ГД$ до шкали $t_{зал}$.

Значення, яке відповідає точці $Д$ і є шуканий залишковий ресурс в тих же одиницях напрацювання.

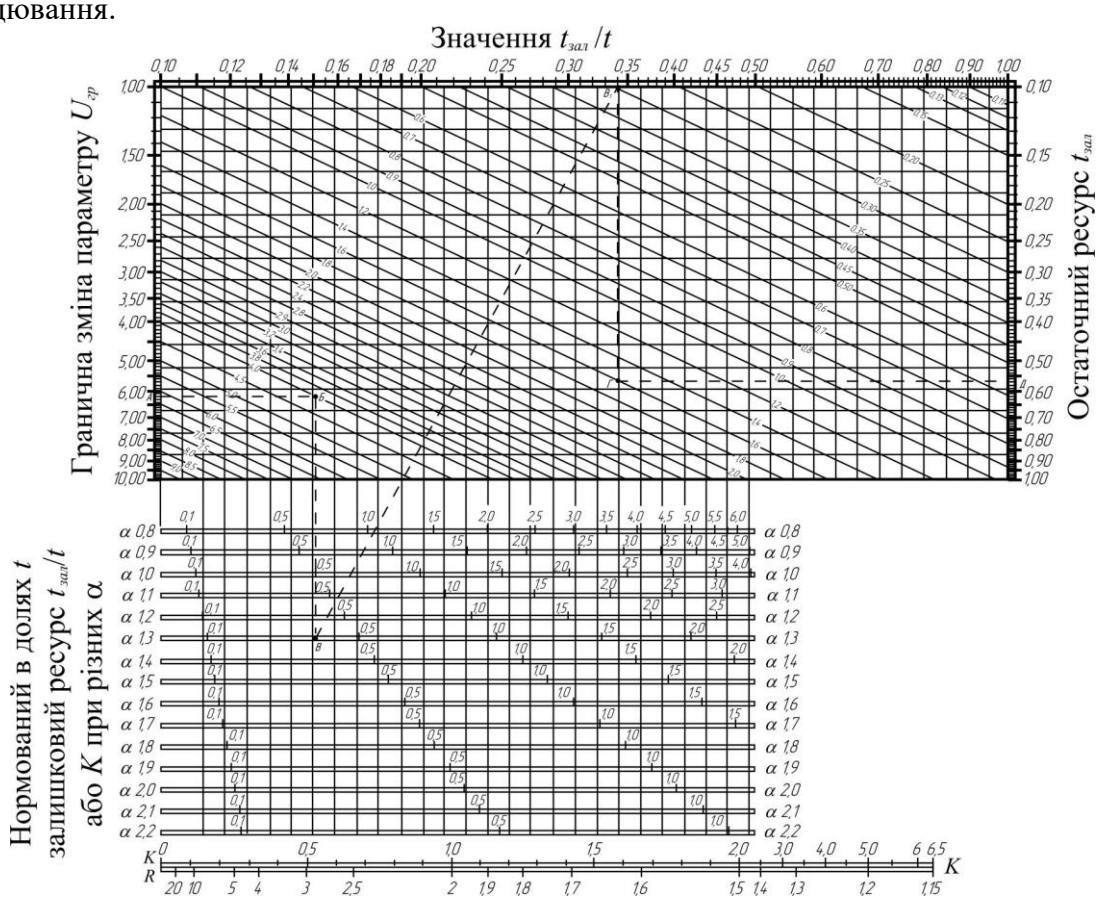


Рис. 1. Номограма для визначення залишкового ресурсу $t_{зал}$

Таким чином, прогнозування залишкового ресурсу з’єднань, агрегатів і механізмів за результатами діагностування транспортного засобу дозволить правильно спланувати умови експлуатації, вжити відповідних профілактичних заходів, а також скоротити витрати на ремонт.

1. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мастикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів. Львів : «Афіша», 2004. 495 с.

2. Вознюк Л.Ю. та ін. Технічне обслуговування і діагностування сільськогосподарських машин / Л.Ф. Вознюк, В.В. Іщенко, Я.М. Михайлович. – К.: Урожай, 1994. – 216 с.

3. Спичкин Г. В. Диагностика технического состояния автомобилей. Москва : «Высшая школа», 1975. 304 с.

4. Каракулев А. В., Ильин М. Е., Маркеданец О. В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин. Москва : Транспорт, 1991. 304 с.

5. Хітров І. О., Романюк В. І. Ресурсозбереження технічних об’єктів. Збірник наукових праць „Вісник НУВГП. Вип. 4(72), серія „Технічні науки” Рівне, 2015. С. 444-455.

УДК 629.3.018.7

CONSTRUCTIVE PERFECTION OF THE VEHICLE

КОНСТРУКТИВНА ДОСКОНАЛІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Хітров Ігор

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Транспортні засоби широко застосовують у всіх галузях народного господарства і складають невід'ємну частину продуктивних сил суспільства. Досконалість конструкції і ефективність ТЗ залежить від правильності встановлення основних параметрів відповідно з його призначенням, транспортними і кліматичними умовами використання, технологічності виконання агрегатів, вузлів, а також загального компонування.

Досконалість конструкції транспортного засобу необхідно оцінювати точно і об'єктивно при конструюванні, виготовленні, випробуванні, експлуатації. Вона базується на відповідності теоретико-практичному взаємозв'язку між його конструктивними особливостями та ефективністю використання. Необхідна усестороння оцінка пристосованості всіх елементів конструкції не тільки для руху, але і до всіх інших процесів, з яких складається його експлуатація.

Конструктивна досконалість і ефективність транспортного засобу характеризується визначеним поєднанням технічних параметрів для досягнення максимального результату транспортного процесу перевезень в конкретних умовах експлуатації з дотриманням заданого рівня безпеки [1].

Оцінюють технічний рівень ТЗ шляхом порівняння отриманих показників досконалості конструкції, пристосованості до умов експлуатації, безпечності і функціональності з нормативними (еталонними).

Якість транспортного засобу визначається сукупністю всіх властивостей (рис. 1), необхідних для усесторонньої його оцінки на відповідність призначенню і заявленим вимогам [1-4].

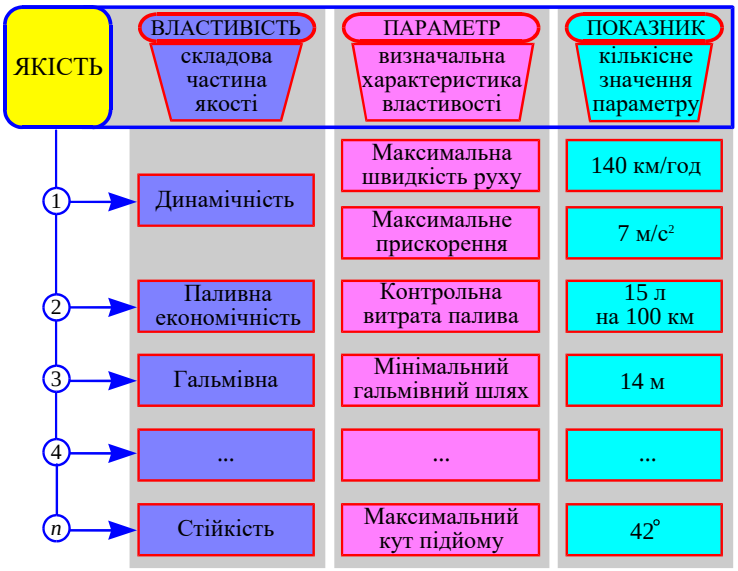


Рис. 1. Структурно-логічна схема поняття якості транспортного засобу (приклад)

В широкому розумінні, якість, як узагальнена категорія, відповідає на запитання «як функціонує транспортного засобу у конкретних умовах?», «який він: хороший, поганий?» і не може бути безвідносний до умов експлуатації конкретного транспортного засобу [5, 6].

Кожна властивість характеризується однією або декількома параметрами, які можуть приймати при експлуатації різні кількісні значення (показники). Для аналізу або оцінки якості ТЗ послідовно розглядають наступні ланцюги [4]:

- при оцінці і випробуванні: показники-параметри-властивості-якість;
- при пред'явленні вимог до транспортного засобу: якість-властивість-параметри-показники.

Конструктивна ефективність і якість транспортного засобу суттєво залежить від умов експлуатації, і, відповідно, технічний рівень одного і того ж буде суттєво відрізнятися.

Порівнювати якість транспортного засобу (будь якого технічного об'єкту) необхідно з однотипним, однакової розмірності і призначення (аналогом або альтернативним). Якість виготовлених транспортних засобів різними виробниками може бути визнана однаково високою (наприклад, за споживчим попитом), проте, кожен з них має свої переваги і недоліки для певних умов використання. При такому підході найкращою є конструкція, яка відповідає конкретним умовам експлуатації (ефективності).

Таким чином, прогнозування залишкового ресурсу з'єднань, агрегатів і механізмів за результатами діагностування транспортного засобу дозволить правильно спланувати умови експлуатації, вжити відповідних профілактичних заходів, а також скоротити витрати на ремонт.

1. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. Москва : Машиностроение, 1981. 312 с.

2.ДСТУ ISO 9000: 2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2016. 49 с

3. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. Москва : Машиностроение, 1989. 240 с.

4. Техническая эксплуатация автомобилей / Кузнецов Е. С., и др. Москва : Транспорт, 1991. 413 с.

5. Кошарний М. Ф. Основи механіки та енергетики автомобіля. Київ : Вища шк., 1992. 220 с.

6. Рудзінський В. В. Автомобілі: Техніко-експлуатаційні властивості, аналіз конструкцій. Київ : ІСДО, 1993. 163 с.

УДК 629.113.001

TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SOIL TREATMENT: COMPUTER SIMULATION

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Георгій Худавердян[1], аспірант, Віталій Хома[2], аспірант

[1]Львівський національний університет природокористування,
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., Україна,
georgiu.kh@gmail.com
[2]Львівський національний університет природокористування,
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., Україна,
homa.v@hotmail.com

A developed simulation model of the movement of a universal wheeled vehicle of the MB Unimog type in technological operations (tillage) and in transport mode in the MATLAB Simulink software environment is presented. The mathematical description of the interaction of wheels and attached equipment with the deformable soil surface is based on the WES methodology of the US Army, which is based on the assessment of the physical and mechanical properties of the supporting surface based on the cone index (CI) which is determined by standardized measurement of resistance deformations with a cone-shaped penetrometer. This model makes it possible to form the necessary range of gear ratios of the transmission, in particular, the required values of the reduction gears of the transfer case for both transport and technological modes of operation, which is decisive when designing low-tonnage all-wheel drive vehicles.

Key words: modeling, farms, traffic, wheeled vehicle, off-road, technological operations.

Вступ

В Україні разом із розвитком фермерських господарств та комунальної сфери ОТГ постає потреба у створенні вітчизняної малотонажної колісної машини (КМ) [6] з шасі універсального призначення типу Unimog [7,8], яка дозволяє виконувати як вантажні перевезення, у тому числі бездоріжжям, так і технологічні операції по обробітку сільськогогосподарських земель (оранка, культивація і т.п.). Машини даного типу набули популярності ще у післявоєнній Європі – найбільш яскравим прикладом є поява Mercedes-Benz Unimog у післявоєнній Німеччині.

Дослідження руху таких КМ бездоріжжям [9,10] та на технологічних операціях методом імітаційного комп'ютерного моделювання в програмному середовищі MATLAB Simulink дозволяє не тільки оцінити ефективність певних конструкцій, але і здійснити вибір/розрахунок основних необхідних параметрів та характеристик відповідних колісних машин на етапі проектування.

Результати досліджень

Побудова моделі у програмному середовищі MATLAB Simulink [2] виконується шляхом поєднання графічних модулів (блоків), що робить таку модель дуже гнучкою з точки зору внесення змін, які відображають конструктивні особливості транспортного засобу.

Опрацьована імітаційна модель руху універсальної КМ на транспортних і технологічних операціях (з використанням навісного обладнання) у програмному комплексі MATLAB Simulink дає змогу дослідити мобільність їх руху з умов оцінки сумарного опору рухові у процесі руху КМ бездоріжжям та обробітку ґрунту, що є умовою визначення і оцінки ефективності передатних чисел понижуючих передач роздавальної коробки. Домінуючою складовою сумарного опору рухові у випадку з повноприводною універсальною КМ є опір

деформації ґрунту з відомими фізико-механічними характеристиками [4] за методикою WES [3] та зусилля від навісного обладнання. Підбір оптимального передатного числа понижуючої передачі роздавальної коробки (в основному для технологічних операцій) було здійснено шляхом імітаційного моделювання складної технологічної операції по обробітку ґрунту – оранки. Тяговий опір плуга під час оранки залежить від фізико-механічних властивостей і вологості ґрунту та визначається за формулою академіка В.П. Горячкіна [1]:

$$P_{кр} = f_{пл} \times G_{пл} + k \times B \times h + B \times h \times \varepsilon \times V^2$$

де $f_{пл}$, $G_{пл}$ – коефіцієнт опору самопересуванню плуга і вага плуга відповідно, кН; k – питомий опір ґрунту при оранці, кПа; B, h – ширина захвату плуга і глибина оранки відповідно, м; ε – коефіцієнт, що характеризує втрати з ростом швидкості оранки, пов'язаний з наданням ґрунту кінетичної енергії при його зрушенні корпусами плуга, кН·с^2/м4; V– швидкість руху трактора при оранці, м/с.

Детальна блок-схема моделі на основі стандартних модулів програмного середовища MATLAB Simulink подано на рис. 1.

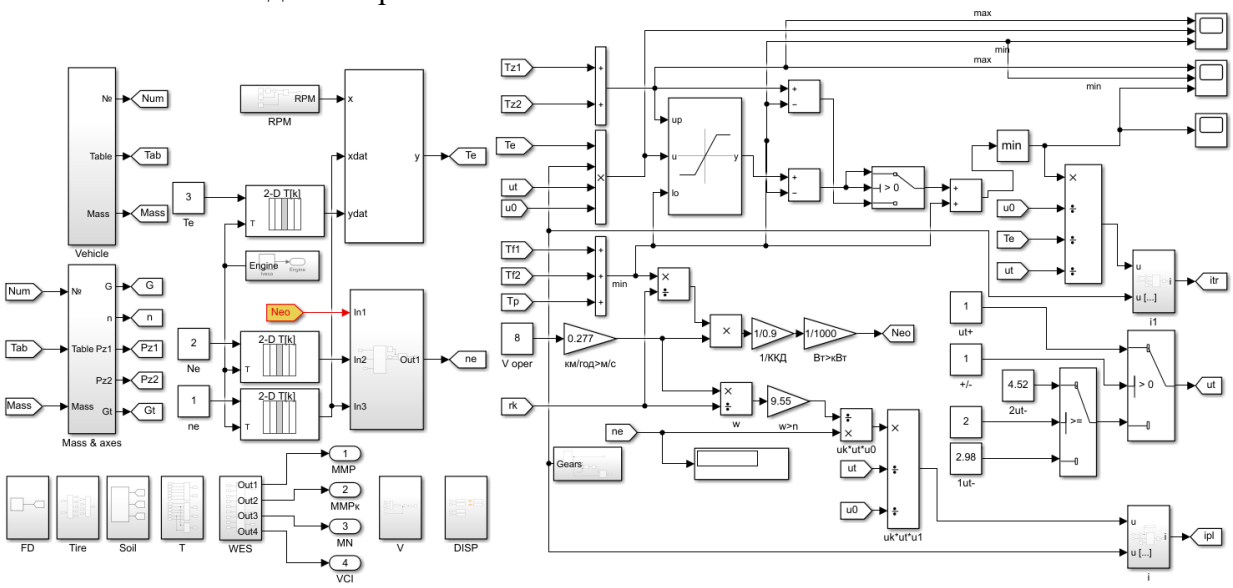


Рис. 1. Блок-схема моделі руху полем повноприводної колісної техніки

За результатами моделювання руху КМ (рис. 2.) типу Unimog/Автотрак (на базі проекту АТ «Укравтобуспром» – ТУР ВТ-041 «Автотрак» повною масою 3,5 т., спорядженою масою 2,5 т., двигун IVECO 8040 потужністю 100 кВт , шини 12,00 х 18 [6]) на транспортних (рух з причепом масою 2,5 т.) і технологічних (обробка ґрунту у блоці з 3-корпусним плугом) операціях було визначено тип і оптимальне передатне число понижуючої передачі роздавальної коробки КМ –2,98 , та підібрано оптимальну за параметрами роздавальну коробку фірми BorgWarner BW1356 з передатним числом понижуючої передачі 2,69.

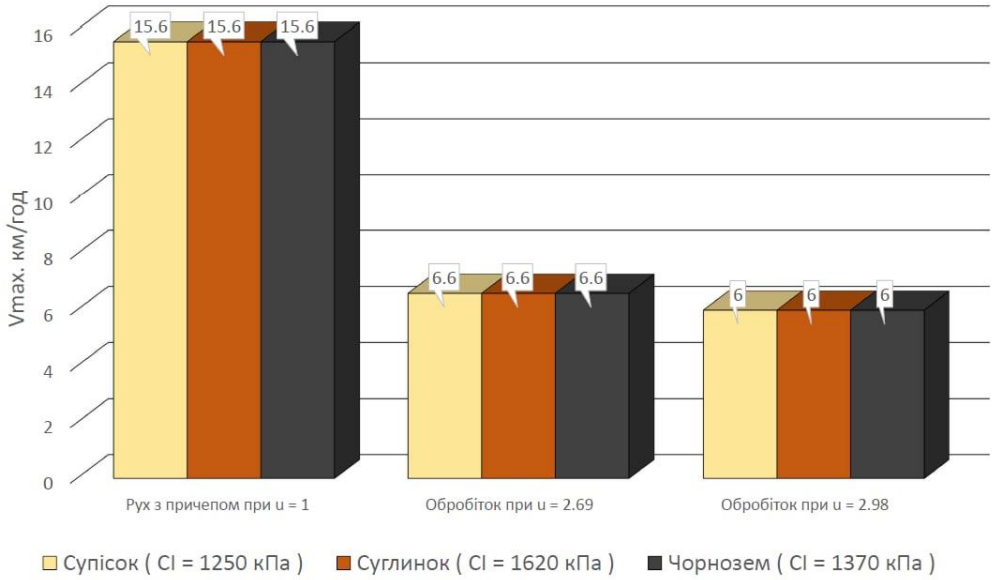


Рис. 2. Результати моделювання руху з причепом та процесу обробки ґрунту

Висновок

Згідно отриманих при імітаційному моделюванні руху КМ результатів можна зробити висновок що за рахунок запасу потужності двигуна і обмеження сили зчеплення шин з опорною поверхнею що деформується двох-ступінчата роздавальна коробка зможе забезпечити виконання навіть таких найбільш енергозатратних операцій по обробці ґрунту як оранка (у блоці з 3-корпусним плугом) з дотриманням певного діапазону швидкості з умов агротехнології.

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-х томах / Москва, Колос, 1965. –Т.1.-720с.; Т.2 - 459 с.; Т.3. – 512 с.

2. Грубель Крайник Л.В., Хома В.В. Імітаційне моделювання руху колісної військової автомобільної техніки бездоріжжям та оцінка його адекватності. / Науково-виробничий журнал "Автошляховик України". Київ, 2020. - No 2.-С. 21-28.

3. Грубель М. Г., Крайник Л. В., Купріненко О. М. Методологія оцінки опорної прохідності колісної військової автомобільної техніки // Озброєння та військова техніка. - 2019. - № 4. - С. 22-31.

4. Грубель М.Г., Фтемов Ю.О., Хома В.В. Експериментальні дослідження параметрів опорної прохідності зразків колісної військової автомобільної техніки./ М.Г. Грубель, Ю.О. Фтемов, В.В. Хома // Науково-технічний журнал "Системи озброєння та військова техніка". Харків: Харківський НУПС, 2019. -No 4(60) - С.7-15.

5. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин / Т.1 Машини та знаряддя для обробітку ґрунту / Харків, вид. Око, 2011. – 444с.

6. Крайник Л.В., Худавердян Г.А. Концепція та формування вітчизняного універсального автомобіля типу автотрак/унімог для фермерських та комунальних господарств / Х-та Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція "Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту" : Тези доповідей (Вінниця, 14-15 квітня 2022р.) - ВНТУ, Вінниця, 2022. – С. 178-180.

7. Hochgeländegängiger Unimog - Mercedes-Benz Trucks - Trucks you can trust. URL: https://www.mercedes-benz-trucks.com/de_DE/models/unimog-off-road.html (дата звернення: 22.06.2022).

8. Mercedes-Benz History An In-Depth Look at the Mercedes Unimog eMercedesBenz. URL: https://emercedesbenz.com/autos/mercedes-benz/unimog/mercedes-benz-history-an-in-depth-look-at-the-mercedes-unimog/ (дата звернення: 05.07.2022).

9. Wong Y.J. Terramechanics and off-road vehicle engineering: Second Ed. / Y.J. Wong. – London: Butterworth – Hannemann, 2010. – 482 p.

10. Wong Y.C.D. An assessment of land vehicles trafficability / Y.C.D. Wong, H.H.S Lim, W.Q.W. Chan // DSTA HORIZONS. – 2016. – P. 54-63. – URL: https://www.dsta.gov.sg/docs/default-source/dstaabout/an-assessment-of-land-vehicles-trafficability.pdf?sfvrsn=2/ (дата звернення: 07.07.2022).

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

19-20 жовтня 2022р.
Рівне : НУВГП

Відповідальний за випуск Никончук В. М.

Комп'ютерне верстання Хітров І. О.